


Федеральное государственное автономное
образовательное учреждение
высшего образования
«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Институт нефти и газа

Кафедра проектирования и эксплуатации газонефтепроводов

УТВЕРЖДАЮ

 Заведующий кафедрой

А.Н. Сокольников

«19» июня 2017 г.

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

23.03.03 – Эксплуатация транспортно-технологических машин и комплексов

«Определение реальных допустимых областей эксплуатации
центробежных насосных агрегатов при работе на технологических участках
магистрального нефтепровода»

Руководитель

16.06.17
к.тн, доцент  О.Н. Петров

Выпускник

07.06.17  А.П. Захаров

Красноярск 2017

Продолжение титульного листа бакалаврской работы по теме
«Определение реальных допустимых областей эксплуатации центробежных
насосных агрегатов при работе на технологических участках магистрального
нефтепровода».

Консультанты по разделам:

Экономическая часть

08.06.17  И.В. Шадрина

Безопасность жизнедеятельности

16.06.17  Д.А. Едимичев

Нормоконтролер

16.06.17  О.Н. Петров

РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа по теме: «Определение реальных допустимых областей эксплуатации центробежных насосных агрегатов при работе на технологических участках магистрального нефтепровода» содержит 80 страниц текстового документа, количество использованных источников – 20, 6 листов графического материала.

Объект исследования ВКР: насосные агрегаты типа НМ.

Цель ВКР – оценка эффективности работы магистральных насосных агрегатов.

В результате выполнения ВКР, были получены расчеты К.П.Д. 11 насосных агрегатов, проанализированы данные опытов, построены графические зависимости, наглядно демонстрирующие разницу между фактическим К.П.Д. и паспортным.

В итоге было сделано заключение о выполненной работе и предложены наиболее предпочтительные варианты повышения К.П.Д.

СОДЕРЖАНИЕ

Введение.....	6
1 Совмещенная характеристика МНА	7
2 Определение номинальных режимов работы МНА и рабочей зоны.....	8
2.1 Определение фактического значения К.П.Д. НА	8
2.2 Определение к.п.д. насоса	8
2.3 Определение К.П.Д. синхронного электродвигателя.....	11
2.4 Определение к.п.д. асинхронного электродвигателя	16
3 Оценка рабочих параметров МНА на НПС.....	20
4 Определение фактических значений к.п.д. МНА	22
4.1 Определение фактических значений к.п.д. МН 2500-230.....	22
4.1.1 МН 2500-230 №1	22
4.1.2 МН 2500-230 №2	27
4.1.3 МН 2500-230 №3	30
4.1.4 МН 2500-230 №4	32
4.2 Определение фактических значений к.п.д. МН 7000-210.....	35
4.2.1 МН 7000-210 №1	35
4.2.2 МН 7000-210 №2	40
4.2.3 МН 7000-210 №3	42
4.2.4 МН 7000-210 №4	45
4.3 Определение фактических значений к.п.д. МН 10000-210.....	48
4.3.1 МН 10000-210 №1	48
5 Возможные причины снижения К.П.Д. и способы их устранения.....	59
5.1 Факторы вызывающие снижение К.П.Д.	59
5.2 Способы устранения	60
6 Экономическая часть	60
6.1 Потери при перекачке.....	60
6.2 Расчет эксплуатационных затрат на проведение исследования	62
6.2.1 Определение затраченного времени на проведение замеров	62

6.3	Определение затрат на проведение и обработку результатов.....	63
6.4	Расчет фонда оплаты труда механика.....	64
6.4.1	Рассчитаем отчисление на обязательное социальное страхование	68
6.4.2	Расчет накладных расходов	68
6.4.3	Рассчитаем затраты на электроэнергию и водоснабжение.....	69
7	Безопасность жизнедеятельности.....	70
7.1	Санитарно-гигиенические требования к помещению и размещению используемого оборудования	71
7.2	Обеспечение безопасности технологического процесса	71
7.2.1	Искусственное освещение.....	71
7.2.2	Расчет искусственного освещения	72
7.3	Мероприятия по обеспечению пожарной безопасности технологических процессов при эксплуатации оборудования и производстве пожароопасных работ.....	74
7.5	Обеспечение безопасности в аварийных и чрезвычайных ситуациях	76
7.6	Экологичность проекта	76
	Заключение	79
	Список использованных источников	80

ВВЕДЕНИЕ

Проблемы повышения надежности, безопасности и эффективности эксплуатации магистральных насосных агрегатов (МНА) тесно связаны с задачами обновления основных производственных фондов и снижения затрат на проведение ремонтно-восстановительных мероприятий. Значительное повышение стоимости ремонтно-технического обслуживания, запасных частей, монтажных и аварийно-восстановительных работ в условиях дефицита средств диктуют необходимость разработки и внедрения новых способов технического обслуживания. В этих условиях резко возрастает необходимость в научных разработках и исследованиях, направленных на решение задач, связанных с совершенствованием эксплуатации магистральных насосных агрегатов.

Целью дипломной работы является оценка эффективности работы магистральных насосных агрегатов.

Основные задачи исследования:

- определение фактического К.П.Д.;
- выяснение возможных причин снижения К.П.Д..

Предоставление практических рекомендаций по проделанной работе.

В первом разделе,

Во втором разделе представлены формулы, по которым выполнялся расчет характеристик насосов и электродвигателей.

Третий раздел показывает основные параметры МНА.

Четвертый раздел посвящен расчету К.П.Д. МНА.

Факторы которые влияют на работу МНА и его К.П.Д., а также возможные пути их исправления собраны в разделе пять.

В шестом пункте описаны экономические затраты на проведение исследования и потери при эксплуатации насоса с пониженным К.П.Д..

В седьмом разделе оценивается экологичность проекта, указываются условия труда и вредные факторы, присутствующие при выполнении работ подобного характера.

1 Совмещенная характеристика МНА

Эффективная работа магистрального насосного агрегата связана со следующими основными характеристиками:

- подача – это количество жидкости, перемещаемое насосом за единицу времени;
- напор насоса – это энергия, которую получает объем жидкости весом в 1 Ньютон при прохождении через насос;
- полезная мощность – это энергия, отдаваемая жидкости за единицу времени при работе насоса;
- К.П.Д. насоса – это отношение полезной мощности к мощности на валу[5].

Совмещенная характеристика МНА представлена на рисунке 1.

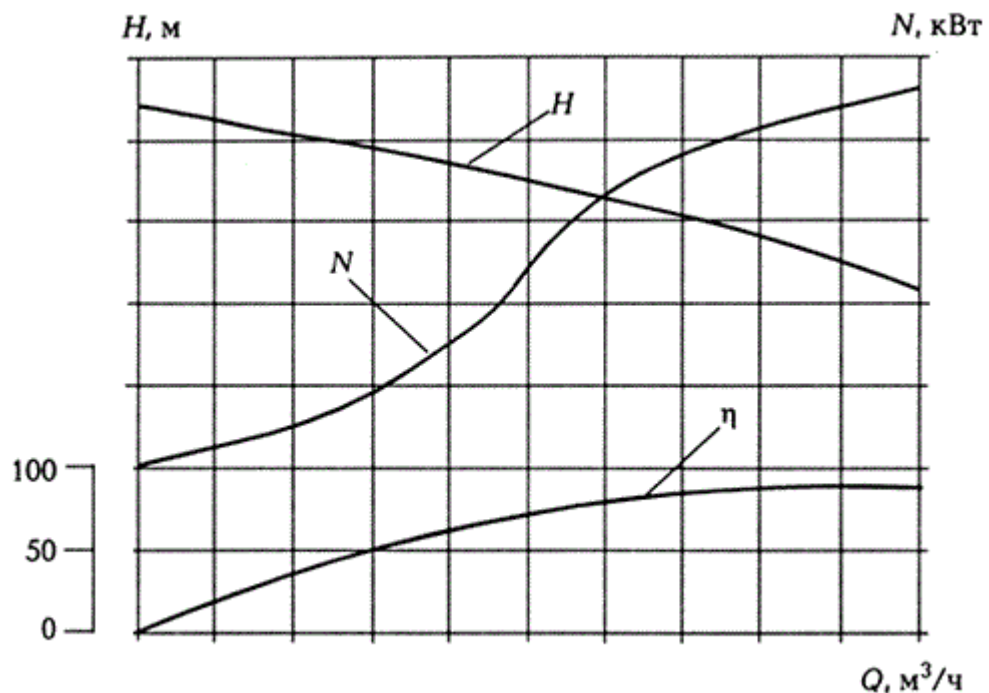


Рисунок 1 – Совмещенная характеристика МНА

2 Определение номинальных режимов работы МНА и рабочей зоны

2.1 Определение фактического значения К.П.Д. НА

К.П.Д. насосного агрегата вычисляется по формуле:

$$\eta_{\text{агр}} = \eta_1 \cdot \frac{\eta_2}{100} \cdot \frac{\eta_{\text{ПЧ}}}{100} \cdot \frac{\eta_{\text{МП}}}{100} \cdot \frac{\eta_{\text{ГМ}}}{100}, \quad (2.1)$$

где η_1 – К.П.Д. электродвигателя, %;

η_2 – К.П.Д. насоса, %;

$\eta_{\text{ПЧ}}$ – К.П.Д. преобразователя частоты, %;

$\eta_{\text{МП}}$ – К.П.Д. механической передачи (мультипликатора), %;

$\eta_{\text{ГМ}}$ – К.П.Д. гидромукты, %.

При отсутствии в составе НА преобразователя частоты, механической передачи (мультипликатора) или гидромукты, их к.п.д. принимается равным 100 %.

2.2 Определение к.п.д. насоса

К.П.Д. насоса вычисляется по формуле:

$$\eta_2 = \frac{N_{\text{п}}}{N_2} \cdot 100, \quad (2.2)$$

где $N_{\text{п}}$ – полезная мощность насоса, кВт;

N_2 – мощность, передаваемая от электродвигателя к насосу (потребляемая насосом), кВт.

Полезная мощность насоса $N_{\text{п}}$, кВт, вычисляется по формуле

$$N_{\Pi} = \rho \cdot g \cdot \left(\frac{Q}{3600} \right) \cdot H, \quad (2.3)$$

где H – напор насоса, м;

Q – подача насоса, м³/ч;

ρ – плотность нефти/нефтепродуктов, кг/м³.

Напор насоса H , м, вычисляется по формуле:

$$H = \frac{(P_{\text{ВЫХ}} - P_{\text{ВХ}})}{\rho \cdot g} + (Z_{\text{ВЫХ}} - Z_{\text{ВХ}}) + 0,0827 \cdot \left(\frac{Q}{3600} \right)^2 \cdot \left(\frac{1}{d_{\text{ВЫХ}}^4} - \frac{1}{d_{\text{ВХ}}^4} \right), \quad (2.4)$$

где $P_{\text{ВХ}}$ – давление на входе в насос, Па;

$P_{\text{ВЫХ}}$ – давление на выходе из насоса, Па;

$Z_{\text{ВХ}}$ – уровень установки датчика давления для измерения давления на входе в насос, м;

$Z_{\text{ВЫХ}}$ – уровень установки датчика давления для измерения давления на выходе из насоса, м;

$d_{\text{ВХ}}$ – внутренний диаметр трубопровода в месте установки датчика давления на входной линии насоса, м;

$d_{\text{ВЫХ}}$ – внутренний диаметр трубопровода в месте установки датчика давления на выходной линии насоса, м;

Давление на входе в насос $P_{\text{ВХ}}$, кгс/см², и на выходе из насоса $P_{\text{ВЫХ}}$, кгс/см², необходимо пересчитать в Па по соотношению 1 кгс/см² = 98068,06 Па.

Плотность нефти/нефтепродуктов ρ , кг/м³, определяемую расчетом движения нефти/нефтепродуктов от НПС/ЛПДС с установленным БИК или оборудованных испытательными лабораториями, выполняющих контроль показателей качества нефти/нефтепродуктов, необходимо пересчитать на

фактическую температуру нефти/нефтепродуктов t_H , °С, при перекачке по формуле:

$$\rho = \rho_{20} - \xi \cdot (t_H - 20), \quad (2.5)$$

где ρ_{20} – плотность нефти/нефтепродуктов при 20 °С, кг/м³;

ξ – коэффициент влияния плотности;

t_H – фактическая температура перекачиваемой нефти/нефтепродуктов через насосный агрегат, °С.

Коэффициент влияния плотности ξ вычисляется по формуле:

$$\xi = 1,825 - 0,001315 \cdot \rho_{20}, \quad (2.6)$$

Плотность нефти/нефтепродуктов ρ_{20} при 20 °С определяется по показаниям БИК или данным испытательных лабораторий, выполняющих контроль показателей качества нефти/нефтепродуктов.

Мощность, передаваемая электродвигателем N_2 , кВт, на вал насоса НА с преобразователем частоты, механической передачей (мультипликатором) и гидромуфтой вычисляется по формуле:

$$N_2 = N_1 \cdot \frac{\eta_1}{100} \cdot \frac{\eta_{ПЧ}}{100} \cdot \frac{\eta_{МП}}{100} \cdot \frac{\eta_{ГМ}}{100}, \quad (2.7)$$

где N_1 – потребляемая электродвигателем активная мощность, кВт;

η_1 – К.П.Д. электродвигателя, %;

$\eta_{ПЧ}$ – К.П.Д. преобразователя частоты, %;

$\eta_{МП}$ – К.П.Д. механической передачи (мультипликатора), %;

$\eta_{\text{гм}}$ – К.П.Д. гидромуфты, %.

Потребляемая электродвигателем активная мощность N_1 , кВт, вычисляется по формуле:

$$N_1 = \frac{C_w \cdot K_{TH} \cdot K_{TT}}{1000}, \quad (2.8)$$

где C_w – измеренная мощность с электрического счетчика, Вт;

K_{TH} – коэффициент трансформации трансформатора напряжения, определяемый по паспорту изготовителя средств измерения;

K_{TT} – коэффициент трансформации трансформатора тока, определяемый по паспорту изготовителя средств измерения.

2.3 Определение К.П.Д. синхронного электродвигателя

К.П.Д. синхронного электродвигателя вычисляется по формуле:

$$\eta_1 = \frac{100 \cdot N_{\text{эд2}}}{N_1 + N_{\text{возб}}}, \quad (2.9)$$

где N_1 – активная электрическая мощность, потребляемая синхронным электродвигателем, кВт;

$N_{\text{эд2}}$ – мощность, передаваемая от синхронного электродвигателя к насосу (механической передаче, гидромуфте), кВт;

$N_{\text{возб}}$ – мощность, затрачиваемая на возбуждение обмоток электродвигателя, кВт.

Мощность, передаваемая синхронным электродвигателем на валу насоса, $N_{эд2}$, кВт, первичном валу гидромфты $N_{ГМ}$, кВт, первичном валу механической передачи $N_{МП}$, кВт, вычисляется по формуле:

$$N_{эд2} = N_{ГМ} = N_{МП} = N_1 - (N_{возб} + N_{щ} + N_{эл} + N_{хх} - N_{эл.хх}), \quad (2.10)$$

где $N_{ГМ}$ – мощность на первичном валу гидромфты, кВт;

$N_{МП}$ – мощность на первичном валу механической передачи, кВт;

$N_{щ}$ – электрические потери в щетках, кВт;

$N_{эл}$ – электрические потери, кВт;

$N_{хх}$ – потери холостого хода, кВт;

$N_{эл.хх}$ – электрические потери в обмотках статора на холостом ходу, кВт.

Мощность, передаваемая синхронным электродвигателем (на валу насоса) N_2 , кВт, с преобразователем частоты вычисляется по формуле:

$$N_{эд2} = N_1 \cdot \eta_{ПЧ} - (N_{возб} + N_{хх} + N_{щ} + N_{эл} - N_{эл.хх}), \quad (2.11)$$

где $\eta_{ПЧ}$ – К.П.Д. преобразователя частоты;

N_1 – активная мощность, потребляемая электродвигателем и преобразователем частоты, измеренная на входе в преобразователь частоты (по показаниям счетчика электрической энергии в ЗРУ), кВт.

Значение К.П.Д. преобразователя частоты определять по паспорту изготовителя при соответствующей нагрузке.

Потери холостого хода $N_{хх}$ определяются из паспорта электродвигателя при номинальном напряжении.

Электрические потери в щетках $N_{щ}$, кВт, вычисляются по формуле:

$$N_{\text{щ}} = \Delta U \cdot I_{\text{в}}, \quad (2.12)$$

где ΔU – падение напряжение на щетках электродвигателя, В;

$I_{\text{в}}$ – ток возбуждения в обмотках ротора, А.

Падение напряжение на щетках электродвигателя ΔU для угольных или графитовых щеток принимается равным 1 В.

Падение напряжение на щетках электродвигателя ΔU для металлоугольных или металлографитовых щеток принимается равным 0,3 В.

Электрические потери электродвигателя $N_{\text{эл}}$, кВт, вычисляются по формуле:

$$N_{\text{эл}} = \frac{m_1 \cdot I_1^2 \cdot R_t}{1000}, \quad (2.13)$$

где m_1 – число фаз электродвигателя;

I_1 – фазный ток электродвигателя, А;

R_t – сопротивление одной фазы обмотки электродвигателя, приведенное к расчетной температур, Ом.

Фазный ток электродвигателя I_1 , кВт, при соединении обмоток «звездой» вычисляется по формуле:

$$I_1 = I_{\text{ср}}, \quad (2.14)$$

где $I_{\text{ср}}$ – среднее значение фазного тока электродвигателя, А.

Фазный ток электродвигателя I_1 , кВт при соединении обмоток «треугольником» вычисляется по формуле:

$$I_1 = \frac{I_{cp}}{\sqrt{3}} \quad (2.15)$$

Среднее значение тока I_{cp} , А, вычисляется по формуле:

$$I_{cp} = \frac{I_A + I_B + I_C}{3}, \quad (2.16)$$

где I_A – действующее значение переменного тока в фазе А, А;

I_B – действующее значение переменного тока в фазе В, А;

I_C – действующее значение переменного тока в фазе С, А.

Действующее значение переменного тока I_A , А, в фазе А вычисляется по формуле:

$$I_A = C_A \cdot K_{TT}, \quad (2.17)$$

где K_{TT} – коэффициент трансформации трансформаторов тока, определяемый по паспорту изготовителя средств измерения;

C_A – величина тока вторичной цепи трансформатора тока по фазе А, А.

Аналогично вычисляются действующие значения переменного тока I_B и I_C в фазах В и С.

Потери возбуждения $N_{возб}$, кВт, вычисляются по формуле:

$$N_{возб} = I_B^2 \cdot r_{расч} \cdot 10^{-3}, \quad (2.18)$$

где $r_{расч}$ – расчетное сопротивление ротора электродвигателя, Ом.

Расчетные значения сопротивлений обмоток статора $R_{расч}$, Ом, и обмоток ротора $r_{расч}$, Ом, приведенные к расчетной рабочей температуре обмоток электродвигателя $t_{расч}$, °С вычисляются по формулам:

$$R_{расч} = R_{исп} \cdot \frac{1 + \alpha \cdot t_{расч}}{1 + \alpha \cdot t_{исп}}, \quad (2.19)$$

$$r_{расч} = r_{исп} \cdot \frac{1 + \alpha \cdot t_{расч}}{1 + \alpha \cdot t_{исп}}, \quad (2.20)$$

где $R_{исп}$ – сопротивление обмотки статора, измеренное при испытаниях электродвигателя, Ом;

α – температурный коэффициент;

$t_{расч}$ – расчетная температура обмотки, зависящая от класса изоляции, °С;

$t_{исп}$ – значение температуры обмотки при испытаниях электродвигателя, °С;

$r_{исп}$ – сопротивление обмотки ротора, измеренное при испытаниях электродвигателя, Ом.

Расчетная температура обмотки $t_{расч}$ для изоляции класса F по ГОСТ 8865–93 принимается равной 115 °С по ГОСТ 25941–83.

Расчетная температура обмотки $t_{расч}$ для изоляции класса H по ГОСТ 8865–93 принимается равной 130 °С по ГОСТ 25941–83. Температурный коэффициент α для меди равен $1/235 = 0,0043$ по ГОСТ 11828–86.

Электрические потери в обмотках статора электродвигателя на холостом ходу $N_{эл.хх}$, кВт, вычисляются по формуле:

$$N_{эл.хх} = m_1 \cdot I_{хх.ср}^2 \cdot r_{хх}, \quad (2.21)$$

где m_1 – число фаз электродвигателя;

$I_{xx.cp}$ – среднее значение тока на холостом ходу, указанное в протоколе приемо-сдаточных испытаний, А;

r_{xx} – сопротивление фазы на холостом ходу, указанное в протоколе приемо-сдаточных испытаний, Ом.

Среднее значение тока на холостом ходу $I_{xx.cp}$, А, вычисляется по формуле:

$$I_{xx.cp} = \frac{I_{A.xx} + I_{B.xx} + I_{C.xx}}{3}, \quad (2.22)$$

где $I_{A.xx}$ – действующее значение переменного тока на холостом ходу в фазе А, А;

$I_{B.xx}$ – действующее значение переменного тока на холостом ходу в фазе В, А;

$I_{C.xx}$ – действующее значение переменного тока на холостом ходу в фазе С, А.

2.4 Определение к.п.д. асинхронного электродвигателя

К.П.Д. асинхронного электродвигателя η_1 вычисляется по формуле:

$$\eta_1 = \frac{N_{эд2}}{N_1}, \quad (2.23)$$

где $N_{эд2}$ – мощность, передаваемая от электродвигателя к насосу (механическая мощность на валу электродвигателя), кВт;

N_1 – активная мощность, потребляемая асинхронным электродвигателем, кВт.

Мощность, передаваемая асинхронным электродвигателем $N_{эд2}$, кВт, (на валу насоса, первичном валу гидромолоты, первичном валу механической передачи) вычисляется по формуле:

$$N_{эд2} = N_{ГМ} = N_{МП} = N_1 - (N_{эл} + N_{доб} + N_{рот} + N_{хх} - N_{эл.хх}), \quad (2.24)$$

где $N_{эл}$ – электрические потери, кВт;

$N_{доб}$ – добавочные потери, кВт;

$N_{рот}$ – потери в меди обмотки ротора, кВт;

$N_{хх}$ – потери холостого хода, кВт;

$N_{эл.хх}$ – электрические потери в обмотках статора на холостом ходу, кВт.

Мощность, передаваемая асинхронным электродвигателем $N_{эд2}$, кВт, с преобразователем частоты (на валу насоса) вычисляется по формуле:

$$N_{эд2} = N_1 \cdot \eta_{ПЧ} - (N_{эл} + N_{доб} + N_{рот} + N_{хх} - N_{эл.хх}), \quad (2.25)$$

где $\eta_{ПЧ}$ – К.П.Д. преобразователя частоты.

Значение К.П.Д. преобразователя частоты определяется по паспорту изготовителя при соответствующей нагрузке.

Потери холостого хода $N_{хх}$, кВт, определяются из паспорта электродвигателя, протокола приемо-сдаточных испытаний при номинальном напряжении или сведений заводов изготовителей электродвигателя.

Добавочные потери $N_{доб}$, кВт, вычисляются по формуле:

$$N_{доб} = 0,005 \cdot N_1, \quad (2.26)$$

Потери в меди обмотки ротора $N_{рот}$, кВт, вычисляются по формуле:

$$N_{рот} = N_{эм} \cdot S, \quad (2.27)$$

где $N_{эм}$ – электромагнитная мощность двигателя, кВт;

S – скольжение ротора.

Электромагнитная мощность двигателя $N_{эм}$, кВт, вычисляется по формуле:

$$N_{эм} = N_1 - N_{ст} - N_{эл}, \quad (2.28)$$

где $N_{ст}$ – потери в сердечнике статора, кВт;

$N_{эл}$ – электрические потери, кВт.

Потери в сердечнике статора $N_{ст}$, кВт, вычисляются по формуле:

$$N_{ст} = N_{xx} - N_{эл.xx} - N_{мех}, \quad (2.29)$$

где $N_{мех}$ – механические потери в двигателе, кВт.

Механические потери определяются экстраполяцией зависимости разницы потерь холостого хода и электромагнитной мощности электродвигателя $N_{xx} - N_{эл.xx}$ от квадрата приложенного напряжения U на ось ординат.

Скольжение ротора вычисляется по формуле:

$$S = \frac{n_0 - n_1}{n_0}, \quad (2.30)$$

где n_1 – действительная частота вращения вала электродвигателя, полученная при проведении измерений, об/мин;

n_0 – синхронная частота вращения электродвигателя, об/мин.

3 Оценка рабочих параметров МНА на НПС

Таблица 1 – Рабочие значения подачи

Нефтеперекачивающая станция	Насосный агрегат	Значение Q, м ³ /ч
НПС-1	HM2500-230	2452
	HM2500-230	2364
	HM2500-230	2364
	HM2500-230	2341
НПС-2	HM7000-210	6730
	HM7000-210	6288
	HM7000-210	6387
	HM7000-210	6316
НПС-3	HM1000-210	4458
	HM1000-210	4942
	HM1000-210	4565

Таблица 2 – Рабочие значения напора

Нефтеперекачивающая станция	Насосный агрегат	Значение H, м
НПС-1	HM2500-230	243,6
	HM2500-230	244
	HM2500-230	242,8
	HM2500-230	244,8
НПС-2	HM7000-210	230,9
	HM7000-210	238,4
	HM7000-210	225,7
	HM7000-210	228,7
НПС-3	HM1000-210	219,6

Окончание таблицы 2

	НМ1000-210	203,2
	НМ1000-210	265,6

Таблица 3 – Рабочие значения мощности электродвигателя

Нефтеперекачивающая станция	Насосный агрегат	Значение Н, кВт
НПС-1	НМ2500-230	1706
	НМ2500-230	1650
	НМ2500-230	1640
	НМ2500-230	1637
НПС-2	НМ7000-210	4239
	НМ7000-210	4121
	НМ7000-210	3932
	НМ7000-210	3966
НПС-3	НМ1000-210	3036
	НМ1000-210	3039
	НМ1000-210	3749

4 Определение фактических значений к.п.д. МНА

4.1 Определение фактических значений к.п.д. МН 2500-230

4.1.1 МН 2500-230 №1

Напор насоса H , м, согласно ГОСТ 6134 вычисляется по формуле:

$$H = \frac{(P_{\text{вых}} - P_{\text{вх}})}{\rho \cdot g} + (Z_{\text{вых}} - Z_{\text{вх}}) + 0,0827 \cdot \left(\frac{Q}{3600} \right)^2 \cdot \left(\frac{1}{d_{\text{вых}}^4} - \frac{1}{d_{\text{вх}}^4} \right), \quad (4.1)$$

где $P_{\text{вх}}$ – давление на входе в насос, Па;

$P_{\text{вых}}$ – давление на выходе из насоса, Па;

$Z_{\text{вх}}$ – уровень установки датчика давления для измерения давления на входе в насос, м;

$Z_{\text{вых}}$ – уровень установки датчика давления для измерения давления на выходе из насоса, м;

$d_{\text{вх}}$ – внутренний диаметр трубопровода в месте установки датчика давления на входной линии насоса, м;

$d_{\text{вых}}$ – внутренний диаметр трубопровода в месте установки датчика давления на выходной линии насоса, м;

$$H = \frac{(2951848,61 - 902226,15)}{858 \cdot 9,81} + (1 - 1) + 0,0827 \cdot \left(\frac{2452}{3600} \right)^2 \cdot \left(\frac{1}{0,52^4} - \frac{1}{0,52^4} \right) = 243,51 \text{ м}.$$

Полезная мощность насоса $N_{\text{п}}$, кВт, вычисляется по формуле:

$$N_{\text{п}} = \rho \cdot g \cdot \left(\frac{Q}{3600} \right) \cdot H, \quad (4.2)$$

где H – напор насоса, м;

Q – подача насоса, м³/ч;

ρ – плотность нефти/нефтепродуктов, кг/м³.

$$N_{II} = 858 \cdot 9,8 \cdot \left(\frac{2452}{3600} \right) \cdot 243,51 = 1396,0 \text{ кВт}.$$

Электрические потери электродвигателя $N_{эл}$, кВт, вычисляются по формуле:

$$N_{эл} = \frac{m_1 \cdot I_1^2 \cdot R_t}{1000}, \quad (4.3)$$

где m_1 – число фаз электродвигателя;

I_1 – фазный ток электродвигателя, А;

R_t – сопротивление одной фазы обмотки электродвигателя, приведенное к расчетной температуре, Ом.

$$R_{расч} = R_{исп} \cdot \frac{1 + \alpha \cdot t_{расч}}{1 + \alpha \cdot t_{исп}}, \quad (4.4)$$

где $R_{исп}$ – сопротивление обмотки статора, измеренное при испытаниях электродвигателя, Ом;

α – температурный коэффициент;

$t_{расч}$ – расчетная температура обмотки, зависящая от класса изоляции, °С;

$t_{исп}$ – значение температуры обмотки при испытаниях электродвигателя, °С;

$$N_{эл} = \frac{m_1 \cdot I_1^2 \cdot R_{исп} \cdot \frac{1 + \alpha \cdot t_{расч}}{1 + \alpha \cdot t_{исп}}}{1000}, \quad (4.4)$$

$$N_{эл} = \frac{3 \cdot 185,33^2 \cdot 0,0945 \cdot \frac{1 + 0,0043 \cdot 115}{1 + 0,0043 \cdot 17}}{1000} = 13,56 \text{ кВт}.$$

Мощность, передаваемая асинхронным электродвигателем, вычисляется по формуле:

$$N_{эд2} = N_1 - (N_{эл} + N_{доб} + N_{ром} + N_{xx} - N_{эл.xx}), \quad (4.5)$$

Добавочные потери, кВт, вычисляются по формуле:

$$N_{доб} = 0,005 \cdot N_1, \quad (4.6)$$

Потери в меди обмотки ротора, кВт, вычисляются по формуле

$$N_{ром} = N_{эм} \cdot S, \quad (4.7)$$

где $N_{эм}$ – электромагнитная мощность двигателя, кВт;

S – скольжение ротора.

Электромагнитная мощность двигателя $N_{эм}$, кВт, вычисляется по формуле:

$$N_{эм} = N_1 - N_{ст} - N_{эл}, \quad (4.8)$$

где $N_{ст}$ – потери в сердечнике статора, кВт;

$N_{эл}$ – электрические потери, кВт.

Потери в сердечнике статора $N_{ст}$, кВт, вычисляются по формуле:

$$N_{cm} = N_{xx} - N_{эл.хх} - N_{мех}, \quad (4.9)$$

где $N_{мех}$ – механические потери в двигателе, кВт.

Скольжение ротора вычисляется по формуле:

$$S = \frac{n_0 - n_1}{n_0}, \quad (4.10)$$

где n_1 – действительная частота вращения вала электродвигателя, полученная при проведении измерений, об/мин;

n_0 – синхронная частота вращения электродвигателя, об/мин.

$$N_{эд2} = N_1 - N_{эл} - 0,005N_1 - (N_1 - (N_{xx} - N_{эл.хх} - N_{мех}) - N_{эл}) \cdot \left(\frac{n_0 - n_1}{n_0}\right) - (N_{xx} - N_{эл.хх}), \quad (4.11)$$

$$N_{эд2} = 1706 - 13,56 - 0,005 \cdot 1706 - (1706 - (40,2 - 0,111 - 16,5) - 13,56) \cdot$$

$$\left(\frac{3000 - 2979}{3000}\right) - (40,2 - 0,11) = 1632,14 \text{ кВт}.$$

К.П.Д. асинхронного электродвигателя вычисляется по формуле:

$$\eta_1 = \frac{N_{эд2}}{N_1}, \quad (4.12)$$

где $N_{эд2}$ – мощность, передаваемая от электродвигателя к насосу (механическая мощность на валу электродвигателя), кВт;

N_1 – активная мощность, потребляемая асинхронным электродвигателем, кВт.

$$\eta_1 = \frac{1632,14}{1706} = 95,67\% .$$

К.П.Д. насоса, вычисляется по формуле:

$$\eta_2 = \frac{N_{II}}{N_2} \cdot 100, \quad (4.13)$$

где N_{II} – полезная мощность насоса, кВт;

N_2 – мощность, передаваемая от электродвигателя к насосу (потребляемая насосом), кВт.

$$\eta_2 = \frac{1396,0}{1632,14} \cdot 100 = 85,53\% .$$

К.П.Д. НА , вычисляется по формуле:

$$\eta_{aep} = \eta_1 \cdot \frac{\eta_2}{100} \cdot \frac{\eta_{ПЧ}}{100} \cdot \frac{\eta_{МП}}{100} \cdot \frac{\eta_{ГМ}}{100}, \quad (4.14)$$

где η_1 – К.П.Д. электродвигателя, %;

η_2 – К.П.Д. насоса, %;

$\eta_{ПЧ}$ – К.П.Д. преобразователя частоты, %;

$\eta_{МП}$ – К.П.Д. механической передачи (мультипликатора), %;

$\eta_{ГМ}$ – К.П.Д. гидромфты, %.

$$\eta_{aep} = 95,67 \cdot \frac{85,53}{100} = 81,83\% .$$

Результаты расчетов представлены в графической форме на рисунке 1

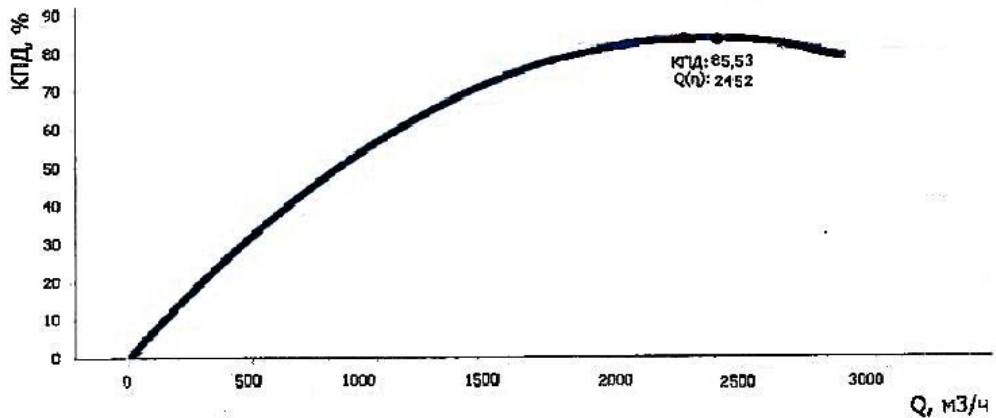


Рисунок 1 – График К.П.Д. МН 2500-230 №1

Вывод: Фактический К.П.Д. насоса составляет 85,53 %, а паспортное значение К.П.Д. равно 86 %. Снижение К.П.Д. в пределах допустимого. Насос не нуждается в ремонте и ТО.

4.1.2 МН 2500-230 №2

Напор насоса H , м, вычисляется по формуле:

$$H = \frac{(P_{\text{блх}} - P_{\text{вх}})}{\rho \cdot g} + (Z_{\text{блх}} - Z_{\text{вх}}) + 0,0827 \cdot \left(\frac{Q}{3600} \right)^2 \cdot \left(\frac{1}{d_{\text{блх}}^4} - \frac{1}{d_{\text{вх}}^4} \right), \quad (4.15)$$

$$H = \frac{(2853780,55 - 804158,55)}{856,7 \cdot 9,81} + (1 - 1) + 0,0827 \cdot \left(\frac{2452}{3600} \right)^2 \cdot \left(\frac{1}{0,52^4} - \frac{1}{0,52^4} \right) = 243,88 \text{ м}.$$

Полезная мощность насоса $N_{\text{п}}$, кВт, вычисляется по формуле:

$$N_{\text{п}} = \rho \cdot g \cdot \left(\frac{Q}{3600} \right) \cdot H, \quad (4.16)$$

$$N_{II} = 856,7 \cdot 9,81 \cdot \left(\frac{2364}{3600} \right) \cdot 243,88 = 1345,9 \text{ кВт}.$$

Электрические потери электродвигателя $N_{эл}$, кВт, вычисляются по формуле:

$$N_{эл} = \frac{m_1 \cdot I_1^2 \cdot R_{исп} \cdot \frac{1 + \alpha \cdot t_{расч}}{1 + \alpha \cdot t_{исп}}}{1000}, \quad (4.17)$$

$$N_{эл} = \frac{3 \cdot 197,3^2 \cdot 0,0945 \cdot \frac{1 + 0,0043 \cdot 115}{1 + 0,0043 \cdot 17}}{1000} = 15,89 \text{ кВт}.$$

Мощность, передаваемая асинхронным электродвигателем вычисляется по формуле:

$$N_{эд2} = N_1 - N_{эл} - 0,005N_1 - (N_1 - (N_{xx} - N_{эл.xx} - N_{мех}) - N_{эл}) \cdot \left(\frac{n_0 - n_1}{n_0} \right) - (N_{xx} - N_{эл.xx}), \quad (4.18)$$

$$N_{эд2} = 1650 - 15,89 - 0,005 \cdot 1650 - (1650 - (40,2 - 0,111 - 16,5) - 15,89) \cdot \left(\frac{3000 - 2979}{3000} \right) - (40,2 - 0,11) = 1574,5 \text{ кВт}.$$

К.П.Д. асинхронного электродвигателя вычисляется по формуле:

$$\eta_1 = \frac{N_{эд2}}{N_1}, \quad (4.19)$$

$$\eta_1 = \frac{1574,5}{1650} = 95,42\%.$$

К.П.Д. насоса, вычисляется по формуле:

$$\eta_2 = \frac{N_{II}}{N_2} \cdot 100, \quad (4.20)$$

$$\eta_2 = \frac{1335,9}{1574,5} \cdot 100 = 85,48 \%$$

К.П.Д. НА , вычисляется по формуле:

$$\eta_{agr} = \eta_1 \cdot \frac{\eta_2}{100} \cdot \frac{\eta_{ПЧ}}{100} \cdot \frac{\eta_{МП}}{100} \cdot \frac{\eta_{ГМ}}{100}, \quad (4.21)$$

$$\eta_{agr} = 95,42 \cdot \frac{85,48}{100} = 81,57 \%$$

Результаты расчетов представлены в графической форме на рисунке 2

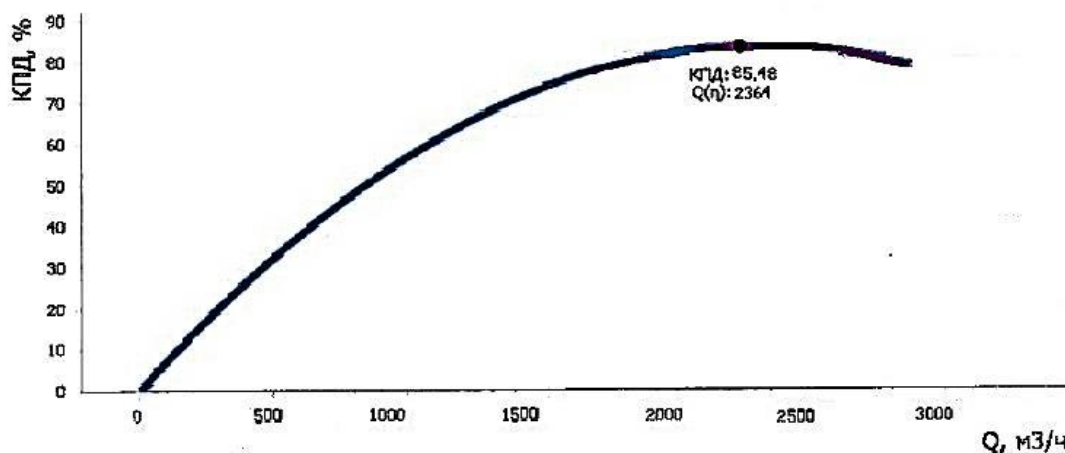


Рисунок 2 – График К.П.Д. МН 2500-230 №2

Вывод: Фактический К.П.Д. насоса составляет 85,48 %, а паспортное значение К.П.Д. равно 86 %. Снижение К.П.Д. в пределах допустимого. Насос не нуждается в ремонте и ТО.

4.1.3 МН 2500-230 №3

Напор насоса H , м, согласно ГОСТ 6134 вычисляется по формуле:

$$H = \frac{(P_{\text{был}} - P_{\text{вх}})}{\rho \cdot g} + (Z_{\text{был}} - Z_{\text{вх}}) + 0,0827 \cdot \left(\frac{Q}{3600} \right)^2 \cdot \left(\frac{1}{d_{\text{был}}^4} - \frac{1}{d_{\text{вх}}^4} \right), \quad (4.22)$$

$$H = \frac{(2883200,96 - 843385,32)}{856,7 \cdot 9,81} + (1 - 1) + 0,0827 \cdot \left(\frac{2364}{3600} \right)^2 \cdot \left(\frac{1}{0,52^4} - \frac{1}{0,52^4} \right) = 242,51 \text{ м}.$$

Полезная мощность насоса $N_{\text{п}}$, кВт, вычисляется по формуле:

$$N_{\text{п}} = \rho \cdot g \cdot \left(\frac{Q}{3600} \right) \cdot H, \quad (4.23)$$

$$N_{\text{п}} = 856,7 \cdot 9,81 \cdot \left(\frac{2364}{3600} \right) \cdot 242,51 = 1339,48 \text{ кВт}.$$

Электрические потери электродвигателя $N_{\text{эл}}$, кВт, вычисляются по формуле:

$$N_{\text{эл}} = \frac{m_1 \cdot I_1^2 \cdot R_{\text{исп}} \cdot \frac{1 + \alpha \cdot t_{\text{расч}}}{1 + \alpha \cdot t_{\text{исп}}}}{1000}, \quad (4.24)$$

$$N_{\text{эл}} = \frac{3 \cdot 190,5^2 \cdot 0,0945 \cdot \frac{1 + 0,0043 \cdot 115}{1 + 0,0043 \cdot 17}}{1000} = 14,82 \text{ кВт}.$$

Мощность, передаваемая асинхронным электродвигателем вычисляется по формуле:

$$N_{\text{эд2}} = N_1 - N_{\text{эл}} - 0,005N_1 - (N_1 - (N_{\text{xx}} - N_{\text{эл.хх}} - N_{\text{мех}}) - N_{\text{эл}}) \cdot \left(\frac{n_0 - n_1}{n_0}\right) - (N_{\text{xx}} - N_{\text{эл.хх}}), (4.25)$$

$$N_{\text{эд2}} = 1640 - 14,82 - 0,005 \cdot 1640 - (1640 - (40,2 - 0,111 - 16,5) - 14,82) \cdot \left(\frac{3000 - 2979}{3000}\right) - (40,2 - 0,11) = 1565,68 \text{ кВт}.$$

К.П.Д. асинхронного электродвигателя вычисляется по формуле:

$$\eta_1 = \frac{N_{\text{эд2}}}{N_1}, \quad (4.26)$$

$$\eta_1 = \frac{1565,68}{1640} = 95,47 \%.$$

К.П.Д. насоса, вычисляется по формуле:

$$\eta_2 = \frac{N_{\text{II}}}{N_2} \cdot 100, \quad (4.27)$$

$$\eta_2 = \frac{1339,47}{1565,68} \cdot 100 = 85,55 \%.$$

К.П.Д. НА, вычисляется по формуле:

$$\eta_{\text{аэп}} = \eta_1 \cdot \frac{\eta_2}{100} \cdot \frac{\eta_{\text{ГЧ}}}{100} \cdot \frac{\eta_{\text{МП}}}{100} \cdot \frac{\eta_{\text{ГМ}}}{100}, \quad (4.28)$$

$$\eta_{\text{аэп}} = 95,47 \cdot \frac{85,55}{100} = 81,68 \%.$$

Результаты расчетов представлены в графической форме на рисунке 3

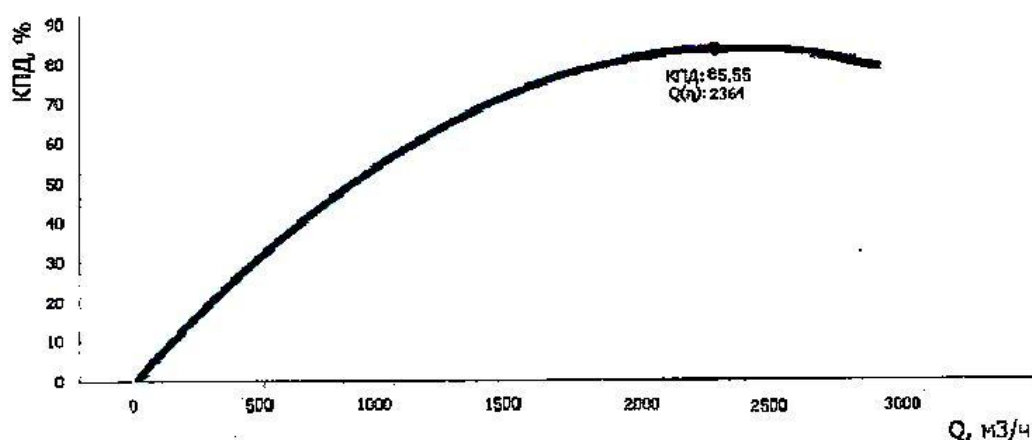


Рисунок 3— График К.П.Д. МН 2500-230 №3

Вывод: Фактический К.П.Д. насоса составляет 85,55, а паспортное значение К.П.Д. равно 86. Снижение К.П.Д. в пределах допустимого. Насос не нуждается в ремонте и ТО.

4.1.4 МН 2500-230 №4

Напор насоса H , м, согласно ГОСТ 6134 вычисляется по формуле:

$$H = \frac{(P_{\text{вх}} - P_{\text{вх}})}{\rho \cdot g} + (Z_{\text{вх}} - Z_{\text{вх}}) + 0,0827 \cdot \left(\frac{Q}{3600} \right)^2 \cdot \left(\frac{1}{d_{\text{вх}}^4} - \frac{1}{d_{\text{вх}}^4} \right), \quad (4.29)$$

$$H = \frac{(2912621,38 - 853192,12)}{858 \cdot 9,81} + (1 - 1) + 0,0827 \cdot \left(\frac{2341}{3600} \right)^2 \cdot \left(\frac{1}{0,52^4} - \frac{1}{0,52^4} \right) = 244,68 \text{ м.}$$

Полезная мощность насоса $N_{\text{п}}$, кВт, вычисляется по формуле:

$$N_{II} = \rho \cdot g \cdot \left(\frac{Q}{3600} \right) \cdot H, \quad (4.30)$$

$$N_{II} = 858 \cdot 9,81 \cdot \left(\frac{2341}{3600} \right) \cdot 244,68 = 1339,2 \text{ кВт}.$$

Электрические потери электродвигателя $N_{эл}$, кВт, вычисляются по формуле:

$$N_{эл} = \frac{m_1 \cdot I_1^2 \cdot R_{исп} \cdot \frac{1 + \alpha \cdot t_{расч}}{1 + \alpha \cdot t_{исп}}}{1000}, \quad (4.31)$$

$$N_{эл} = \frac{3 \cdot 177,67^2 \cdot 0,0945 \cdot \frac{1 + 0,0043 \cdot 115}{1 + 0,0043 \cdot 17}}{1000} = 12,46 \text{ кВт}.$$

Мощность, передаваемая асинхронным электродвигателем вычисляется по формуле:

$$N_{эд2} = N_1 - N_{эл} - 0,005N_1 - (N_1 - (N_{xx} - N_{эл.xx} - N_{мех}) - N_{эл}) \cdot \left(\frac{n_0 - n_1}{n_0} \right) - (N_{xx} - N_{эл.xx}), \quad (4.32)$$

$$N_{эд2} = 1637 - 12,46 - 0,005 \cdot 1637 - (1637 - (40,2 - 0,111 - 16,5) - 12,46) \cdot$$

$$\left(\frac{3000 - 2979}{3000} \right) - (40,2 - 0,11) = 1565,06 \text{ кВт}.$$

К.П.Д. асинхронного электродвигателя вычисляется по формуле:

$$\eta_1 = \frac{N_{эд2}}{N_1}, \quad (4.33)$$

$$\eta_1 = \frac{1565,06}{1637} = 95,61\%.$$

К.П.Д. насоса, вычисляется по формуле:

$$\eta_2 = \frac{N_{II}}{N_2} \cdot 100, \quad (4.34)$$

$$\eta_2 = \frac{1339,2}{1565,06} \cdot 100 = 85,57 \, \%$$

К.П.Д. НА , вычисляется по формуле:

$$\eta_{agr} = \eta_1 \cdot \frac{\eta_2}{100} \cdot \frac{\eta_{ПЧ}}{100} \cdot \frac{\eta_{МП}}{100} \cdot \frac{\eta_{ГМ}}{100}, \quad (4.35)$$

Результаты расчетов представлены в графической форме на рисунке 4

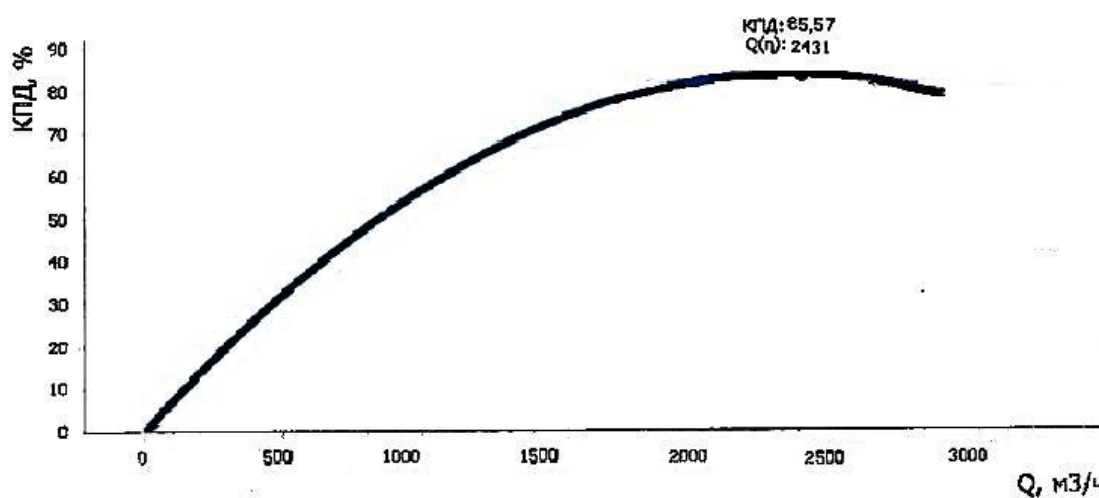


Рисунок 4 – График к.п.д. МН 2500-230 №4

Вывод: Фактический К.П.Д. насоса составляет 85,57 %, а паспортное значение К.П.Д. равно 86 %. Снижение К.П.Д. в пределах допустимого. Насос не нуждается в ремонте и ТО.

4.2 Определение фактических значений к.п.д. МН 7000-210

4.2.1 МН 7000-210 №1

Напор насоса H , м, согласно ГОСТ 6134 вычисляется по формуле:

$$H = \frac{(P_{\text{вых}} - P_{\text{вх}})}{\rho \cdot g} + (Z_{\text{вых}} - Z_{\text{вх}}) + 0,0827 \cdot \left(\frac{Q}{3600} \right)^2 \cdot \left(\frac{1}{d_{\text{вых}}^4} - \frac{1}{d_{\text{вх}}^4} \right), \quad (4.36)$$

где $P_{\text{вх}}$ – давление на входе в насос, Па;

$P_{\text{вых}}$ – давление на выходе из насоса, Па;

$Z_{\text{вх}}$ – уровень установки датчика давления для измерения давления на входе в насос, м;

$Z_{\text{вых}}$ – уровень установки датчика давления для измерения давления на выходе из насоса, м;

$d_{\text{вх}}$ – внутренний диаметр трубопровода в месте установки датчика давления на входной линии насоса, м;

$d_{\text{вых}}$ – внутренний диаметр трубопровода в месте установки датчика давления на выходной линии насоса, м;

$$H = \frac{(2938119,08 - 1008139,66)}{852,2 \cdot 9,81} + (1 - 1) + 0,0827 \cdot \left(\frac{6730,00}{3600} \right)^2 \cdot \left(\frac{1}{0,52^4} - \frac{1}{0,52^4} \right) = 230,86 \text{ м}.$$

Полезная мощность насоса $N_{\text{п}}$, кВт, вычисляется по формуле:

$$N_{\text{п}} = \rho \cdot g \cdot \left(\frac{Q}{3600} \right) \cdot H, \quad (4.37)$$

где H – напор насоса, м;

Q – подача насоса, м³/ч;

ρ – плотность нефти/нефтепродуктов, кг/м³.

$$N_{II} = 852,20 \cdot 9,8 \cdot \left(\frac{6730,00}{3600} \right) \cdot 230,86 = 3607,98 \text{ кВт}.$$

Электрические потери электродвигателя $N_{эл}$, кВт, вычисляются по формуле:

$$N_{эл} = \frac{m_1 \cdot I_1^2 \cdot R_t}{1000}, \quad (4.38)$$

где m_1 – число фаз электродвигателя;

I_1 – фазный ток электродвигателя, А;

R_t – сопротивление одной фазы обмотки электродвигателя, приведенное к расчетной температуре, Ом.

$$R_{расч} = R_{исп} \cdot \frac{1 + \alpha \cdot t_{расч}}{1 + \alpha \cdot t_{исп}}, \quad (4.39)$$

где $R_{исп}$ – сопротивление обмотки статора, измеренное при испытаниях электродвигателя, Ом;

α – температурный коэффициент;

$t_{расч}$ – расчетная температура обмотки, зависящая от класса изоляции, °С;

$t_{исп}$ – значение температуры обмотки при испытаниях электродвигателя, °С;

$$N_{эл} = \frac{m_1 \cdot I_1^2 \cdot R_{исп} \cdot \frac{1 + \alpha \cdot t_{расч}}{1 + \alpha \cdot t_{исп}}}{1000}, \quad (4.40)$$

$$N_{эл} = \frac{3 \cdot 472,78^2 \cdot 0,0945 \cdot \frac{1+0,0043 \cdot 115}{1+0,0043 \cdot 17}}{1000} = 88,25 \text{ кВт}.$$

Мощность, передаваемая асинхронным электродвигателем вычисляется по формуле:

$$N_{эд2} = N_1 - (N_{эл} + N_{доб} + N_{ром} + N_{xx} - N_{эл.хх}), \quad (4.41)$$

Добавочные потери, кВт, вычисляются по формуле:

$$N_{доб} = 0,005 \cdot N_1, \quad (4.42)$$

Потери в меди обмотки ротора, кВт, вычисляются по формуле:

$$N_{ром} = N_{эм} \cdot S, \quad (4.43)$$

где $N_{эм}$ – электромагнитная мощность двигателя, кВт;

S – скольжение ротора.

Электромагнитная мощность двигателя $N_{эм}$, кВт, вычисляется по формуле:

$$N_{эм} = N_1 - N_{ст} - N_{эл}, \quad (4.44)$$

где $N_{ст}$ – потери в сердечнике статора, кВт;

$N_{эл}$ – электрические потери, кВт.

Потери в сердечнике статора $N_{ст}$, кВт, вычисляются по формуле:

$$N_{ст} = N_{xx} - N_{эл.хх} - N_{мех}, \quad (4.45)$$

где $N_{\text{мех}}$ – механические потери в двигателе, кВт.

Скольжение ротора вычисляется по формуле:

$$S = \frac{n_0 - n_1}{n_0}, \quad (4.46)$$

где n_1 – действительная частота вращения вала электродвигателя, полученная при проведении измерений, об/мин;

n_0 – синхронная частота вращения электродвигателя, об/мин.

$$N_{\text{эд2}} = N_1 - N_{\text{эл}} - 0,005N_1 - (N_1 - (N_{\text{xx}} - N_{\text{эл.хх}} - N_{\text{мех}}) - N_{\text{эл}}) \cdot \left(\frac{n_0 - n_1}{n_0}\right) - (N_{\text{xx}} - N_{\text{эл.хх}}), \quad (4.47)$$

$$N_{\text{эд2}} = 4239,0 - 88,25 - 0,005 \cdot 4239,0 - (4239,0 - (40,2 - 0,111 - 16,5) - 88,25) \cdot \left(\frac{3000 - 2985}{3000}\right) - (40,2 - 0,11) = 4068,83 \text{ кВт}.$$

К.П.Д. асинхронного электродвигателя вычисляется по формуле:

$$\eta_1 = \frac{N_{\text{эд2}}}{N_1}, \quad (4.48)$$

где $N_{\text{эд2}}$ – мощность, передаваемая от электродвигателя к насосу (механическая мощность на валу электродвигателя), кВт;

N_1 – активная мощность, потребляемая асинхронным электродвигателем, кВт.

$$\eta_1 = \frac{4068,83}{4239,00} = 95,99 \%$$

К.П.Д. насоса, вычисляется по формуле:

$$\eta_2 = \frac{N_{II}}{N_2} \cdot 100, \quad (4.49)$$

где N_{II} – полезная мощность насоса, кВт;

N_2 – мощность, передаваемая от электродвигателя к насосу (потребляемая насосом), кВт.

К.П.Д. НА , вычисляется по формуле:

$$\eta_{aep} = \eta_1 \cdot \frac{\eta_2}{100} \cdot \frac{\eta_{ПЧ}}{100} \cdot \frac{\eta_{МП}}{100} \cdot \frac{\eta_{ГМ}}{100}, \quad (4.50)$$

где η_1 – К.П.Д. электродвигателя, %;

η_2 – К.П.Д. насоса, %;

$\eta_{ПЧ}$ – К.П.Д. преобразователя частоты, %;

$\eta_{МП}$ – К.П.Д. механической передачи (мультипликатора), %;

$\eta_{ГМ}$ – К.П.Д. гидромфты, %.

$$\eta_{aep} = 95,99 \cdot \frac{88,47}{100} = 85,11\% .$$

Результаты расчетов представлены в графической форме на рисунке 5.

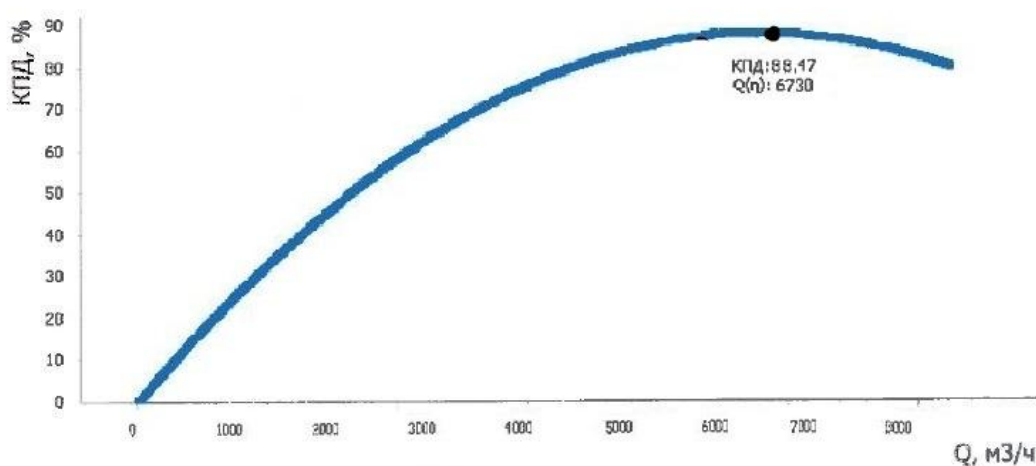


Рисунок 5 – График К.П.Д. МН 7000-210 №1

Вывод: Фактический К.П.Д. насоса составляет 88,47 %, а паспортное значение К.П.Д. равно 88,5 %. Снижение К.П.Д. в пределах допустимого. Насос не нуждается в ремонте и ТО.

4.2.2 МН 7000-210 №2

Напор насоса H , м, согласно ГОСТ 6134 вычисляется по формуле:

$$H = \frac{(P_{\text{блх}} - P_{\text{вх}})}{\rho \cdot g} + (Z_{\text{блх}} - Z_{\text{вх}}) + 0,0827 \cdot \left(\frac{Q}{3600} \right)^2 \cdot \left(\frac{1}{d_{\text{блх}}^4} - \frac{1}{d_{\text{вх}}^4} \right) \quad (4.51)$$

$$H = \frac{(2490928,72 - 500147,11)}{851,5 \cdot 9,81} + (1 - 1) + 0,0827 \cdot \left(\frac{6288}{3600} \right)^2 \cdot \left(\frac{1}{0,52^4} - \frac{1}{0,52^4} \right) = 238,33 \text{ м.}$$

Полезная мощность насоса $N_{\text{п}}$, кВт, вычисляется по формуле:

$$N_{\text{п}} = \rho \cdot g \cdot \left(\frac{Q}{3600} \right) \cdot H,$$

$$N_{II} = 851,50 \cdot 9,81 \cdot \left(\frac{6288,0}{3600} \right) \cdot 238,33 = 3477,23 \text{ кВт}.$$

Электрические потери электродвигателя $N_{эл}$, кВт, вычисляются по формуле:

$$N_{эл} = \frac{m_1 \cdot I_1^2 \cdot R_{исп} \cdot \frac{1 + \alpha \cdot t_{расч}}{1 + \alpha \cdot t_{исп}}}{1000} \quad (4.52)$$

$$N_{эл} = \frac{3 \cdot 459,56^2 \cdot 0,0945 \cdot \frac{1 + 0,0043 \cdot 115}{1 + 0,0043 \cdot 17}}{1000} = 83,39 \text{ кВт}.$$

Мощность, передаваемая асинхронным электродвигателем, кВт, вычисляется по формуле:

$$N_{эд2} = N_1 - N_{эл} - 0,005 N_1 - (N_1 - (N_{xx} - N_{эл.xx} - N_{мех}) - N_{эл}) \cdot \left(\frac{n_0 - n_1}{n_0} \right) - (N_{xx} - N_{эл.xx})$$

$$N_{эд2} = 4121 - 83,39 - 0,005 \cdot 4121 - (4121 - (40,2 - 0,111 - 16,5) - 83,39) \cdot \left(\frac{3000 - 2985}{3000} \right) - (40,2 - 0,11) = 3956,85 \text{ кВт}.$$

К.П.Д. асинхронного электродвигателя вычисляется по формуле:

$$\eta_1 = \frac{N_{эд2}}{N_1},$$

$$\eta_1 = \frac{3956,85}{4121} = 96,02 \text{ \%}.$$

К.П.Д. НА , вычисляется по формуле:

$$\eta_{agr} = \eta_1 \cdot \frac{\eta_2}{100} \cdot \frac{\eta_{пч}}{100} \cdot \frac{\eta_{мп}}{100} \cdot \frac{\eta_{гм}}{100}, \quad (4.52)$$

$$\eta_{agr} = 96,02 \cdot \frac{87,88}{100} = 84,38 \, \%.$$

Результаты расчетов представлены в графической форме на рисунке 6

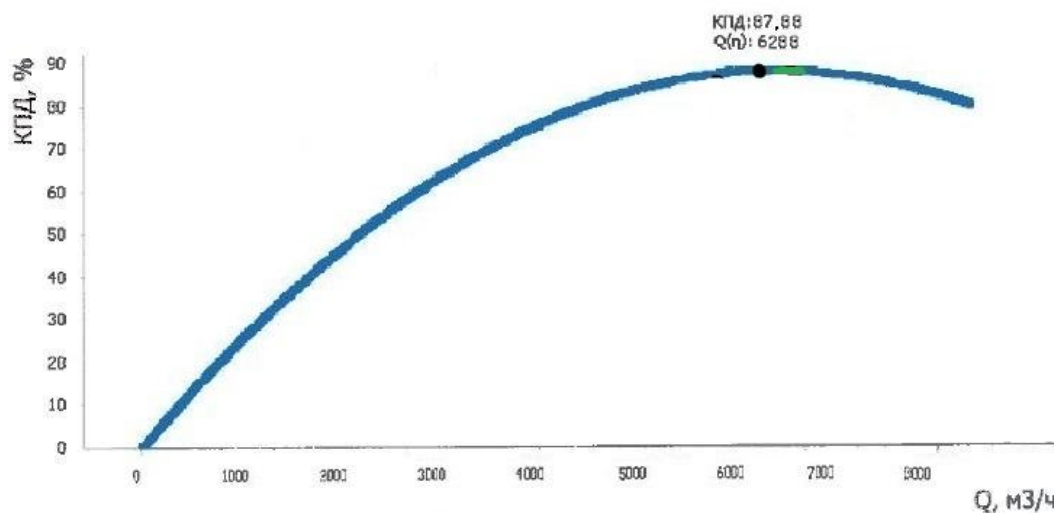


Рисунок 6 – График К.П.Д. МН 7000-210 №2

Вывод: Фактический К.П.Д. насоса составляет 87,88 %, а паспортное значение К.П.Д. равно 88,5 %. Снижение К.П.Д. в пределах допустимого. Насос не нуждается в ремонте и ТО

4.2.3 МН 7000-210 №3

Напор насоса H , м, согласно ГОСТ 6134 вычисляется по формуле:

$$H = \frac{(P_{\text{блх}} - P_{\text{вх}})}{\rho \cdot g} + (Z_{\text{блх}} - Z_{\text{вх}}) + 0,0827 \cdot \left(\frac{Q}{3600} \right)^2 \cdot \left(\frac{1}{d_{\text{блх}}^4} - \frac{1}{d_{\text{вх}}^4} \right), \quad (4.53)$$

$$H = \frac{(2755712,49 - 872805,73)}{850,7 \cdot 9,81} + (1 - 1) + 0,0827 \cdot \left(\frac{6387}{3600} \right)^2 \cdot \left(\frac{1}{0,52^4} - \frac{1}{0,52^4} \right) = 225,62 \text{ м.}$$

Полезная мощность насоса $N_{\text{п}}$, кВт, вычисляется по формуле:

$$N_{\text{п}} = \rho \cdot g \cdot \left(\frac{Q}{3600} \right) \cdot H, \quad (4.54)$$

$$N_{\text{п}} = 850,70 \cdot 9,81 \cdot \left(\frac{6387,0}{3600} \right) \cdot 225,62 = 3340,59 \text{ кВт}$$

Электрические потери электродвигателя $N_{\text{эл}}$, кВт, вычисляются по формуле:

$$N_{\text{эл}} = \frac{m_1 \cdot I_1^2 \cdot R_{\text{исн}} \cdot \frac{1 + \alpha \cdot t_{\text{расч}}}{1 + \alpha \cdot t_{\text{исн}}}}{1000} \quad (4.55)$$

$$N_{\text{эл}} = \frac{3 \cdot 441,0^2 \cdot 0,0945 \cdot \frac{1 + 0,0043 \cdot 115}{1 + 0,0043 \cdot 17}}{1000} = 76,79 \text{ кВт.}$$

Мощность, передаваемая асинхронным электродвигателем, кВт, вычисляется по формуле:

$$N_{\text{эд2}} = N_1 - N_{\text{эл}} - 0,005N_1 - (N_1 - (N_{\text{xx}} - N_{\text{эл.хх}} - N_{\text{мех}}) - N_{\text{эл}}) \cdot \left(\frac{n_0 - n_1}{n_0} \right) - (N_{\text{xx}} - N_{\text{эл.хх}})$$

$$N_{\text{эд2}} = 3932,00 - 76,79 - 0,005 \cdot 3932,00 - (3932,00 - (40,2 - 0,111 - 16,5) - 76,79) \cdot \left(\frac{3000 - 2985}{3000} \right) - (40,2 - 0,11) = 3776,31 \text{ кВт}.$$

К.П.Д. асинхронного электродвигателя вычисляется по формуле:

$$\eta_1 = \frac{N_{\text{эд2}}}{N_1}, \quad (4.56)$$

$$\eta_1 = \frac{3776,31}{3932} = 96,04 \text{ \%}.$$

К.П.Д. насоса, вычисляется по формуле:

$$\eta_2 = \frac{N_{\text{п}}}{N_2} \cdot 100 \quad (4.57)$$

$$\eta_2 = \frac{3340,59}{3776,31} \cdot 100 = 88,46 \text{ \%}.$$

К.П.Д. НА , вычисляется по формуле:

$$\eta_{\text{агр}} = \eta_1 \cdot \frac{\eta_2}{100} \cdot \frac{\eta_{\text{пч}}}{100} \cdot \frac{\eta_{\text{мп}}}{100} \cdot \frac{\eta_{\text{гм}}}{100}, \quad (4.58)$$

$$\eta_{\text{агр}} = 96,04 \cdot \frac{88,46}{100} = 84,96 \text{ \%}.$$

Результаты расчетов представлены в графической форме на рисунке 7.

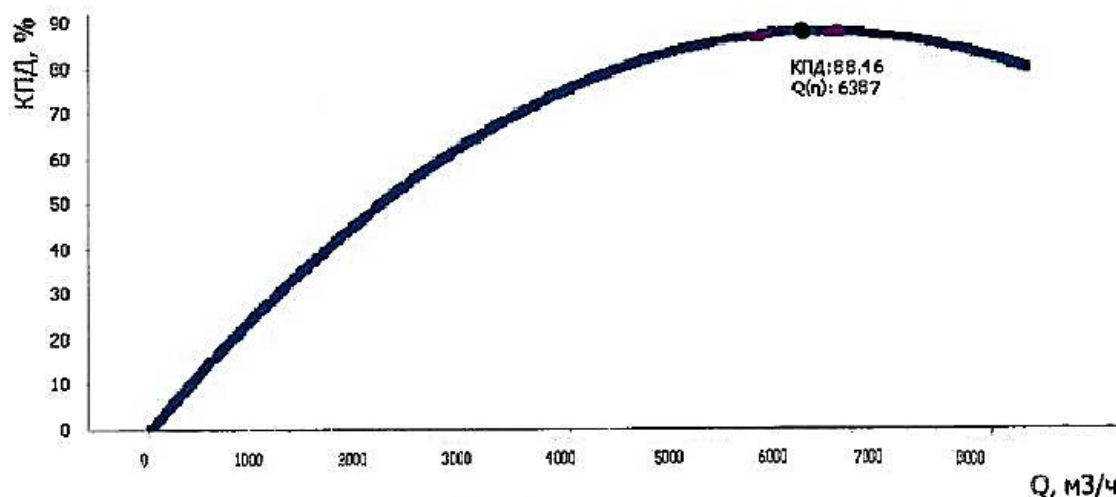


Рисунок 7 – График К.П.Д. МН 7000-210 №3

Вывод: Фактический К.П.Д. насоса составляет 88,46 %, а паспортное значение К.П.Д. равно 88,5 %. Снижение К.П.Д. в пределах допустимого. Насос не нуждается в ремонте и ТО

4.2.4 МН 7000-210 №4

Напор насоса H , м, согласно ГОСТ 6134 вычисляется по формуле:

$$H = \frac{(P_{\text{вх}} - P_{\text{вх}})}{\rho \cdot g} + (Z_{\text{вх}} - Z_{\text{вх}}) + 0,0827 \cdot \left(\frac{Q}{3600} \right)^2 \cdot \left(\frac{1}{d_{\text{вх}}^4} - \frac{1}{d_{\text{вх}}^4} \right) \quad (4.59)$$

$$H = \frac{(2887123,69 - 973815,84)}{853 \cdot 9,81} + (1 - 1) + 0,0827 \cdot \left(\frac{6316}{3600} \right)^2 \cdot \left(\frac{1}{0,52^4} - \frac{1}{0,52^4} \right) = 228,65 \text{ м.}$$

Полезная мощность насоса $N_{\text{п}}$, кВт, вычисляется по формуле:

$$N_{II} = \rho \cdot g \cdot \left(\frac{Q}{3600} \right) \cdot H, \quad (4.60)$$

$$N_{II} = 853 \cdot 9,81 \cdot \left(\frac{6316}{3600} \right) \cdot 228,65 = 3356,79 \text{ кВт}.$$

Электрические потери электродвигателя $N_{эл}$, кВт, вычисляются по формуле:

$$N_{эл} = \frac{m_1 \cdot I_1^2 \cdot R_{усл} \cdot \frac{1 + \alpha \cdot t_{расч}}{1 + \alpha \cdot t_{усл}}}{1000} \quad (4.61)$$

$$N_{эл} = \frac{3 \cdot 443,44^2 \cdot 0,0945 \cdot \frac{1 + 0,0043 \cdot 115}{1 + 0,0043 \cdot 17}}{1000} = 77,64 \text{ кВт}.$$

Мощность, передаваемая асинхронным электродвигателем, кВт, вычисляется по формуле:

$$N_{эд2} = N_1 - N_{эл} - 0,005N_1 - (N_1 - (N_{xx} - N_{эл.xx} - N_{мех}) - N_{эл}) \cdot \left(\frac{n_0 - n_1}{n_0} \right) - (N_{xx} - N_{эл.xx})$$

$$N_{эд2} = 3966,00 - 77,64 - 0,005 \cdot 3966,00 - (3966,00 - (40,2 - 0,111 - 16,5) - 77,64) \cdot \left(\frac{3000 - 2985}{3000} \right) - (40,2 - 0,11) = 3809,12 \text{ кВт}.$$

К.П.Д. асинхронного электродвигателя вычисляется по формуле:

$$\eta_1 = \frac{N_{эд2}}{N_1}, \quad (4.62)$$

$$\eta_1 = \frac{3809,12}{3966} = 96,04 \, \%$$

К.П.Д. насоса, вычисляется по формуле:

$$\eta_2 = \frac{N_{II}}{N_2} \cdot 100 \quad (4.63)$$

$$\eta_2 = \frac{3356,79}{3809,12} \cdot 100 = 88,13 \, \%$$

К.П.Д. НА , вычисляется по формуле:

$$\eta_{agr} = \eta_1 \cdot \frac{\eta_2}{100} \cdot \frac{\eta_{ПЧ}}{100} \cdot \frac{\eta_{МП}}{100} \cdot \frac{\eta_{ГМ}}{100}, \quad (4.64)$$

$$\eta_{agr} = 96,04 \cdot \frac{88,13}{100} = 84,64 \, \%$$

Результаты расчетов представлены в графической форме на рисунке 8

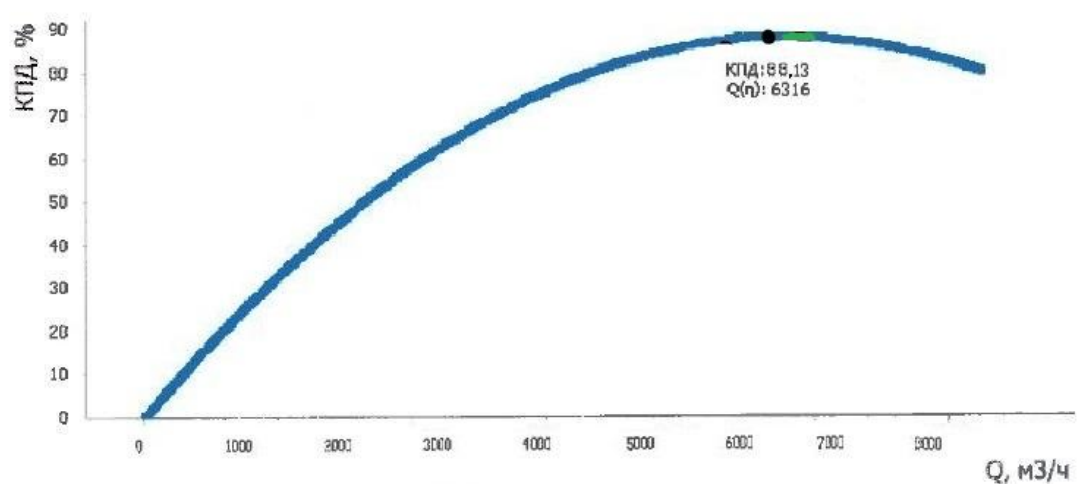


Рисунок 8 – График К.П.Д. МН 7000-210 №4

Вывод: Фактический К.П.Д. насоса составляет 88,13 %, а паспортное значение К.П.Д. равно 88,5 %. Снижение К.П.Д. в пределах допустимого. Насос не нуждается в ремонте и ТО

4.3 Определение фактических значений К.П.Д. МН 10000-210

4.3.1 МН 10000-210 №1

Полезная мощность насоса $N_{\text{п}}$, кВт, вычисляется по формуле:

$$N_{\text{п}} = \rho \cdot g \cdot \left(\frac{Q}{3600} \right) \cdot H, \quad (4.67)$$

где H – напор насоса, м;

Q – подача насоса, м³/ч;

ρ – плотность нефти/нефтепродуктов, кг/м³.

$$N_{\text{п}} = 855 \cdot 9,8 \cdot \left(\frac{4458}{3600} \right) \cdot 219,6 = 2278,5 \text{ кВт}.$$

Электрические потери в щетках $N_{\text{щ}}$, кВт, вычисляются по формуле:

$$N_{\text{щ}} = \Delta U \cdot I_{\text{с}} \quad (4.68)$$

где ΔU – падение напряжение на щетках электродвигателя, В;

$I_{\text{с}}$ – ток возбуждения в обмотках ротора, А.

$$N_{\text{щ}} = 160 \cdot 0,3 = 48 \text{ кВт}.$$

Электрические потери электродвигателя $N_{эл}$, кВт, вычисляются по формуле:

$$N_{эл} = \frac{m_1 \cdot I_1^2 \cdot R_t}{1000}, \quad (4.69)$$

где m_1 – число фаз электродвигателя;

I_1 – фазный ток электродвигателя, А;

R_t – сопротивление одной фазы обмотки электродвигателя, приведенное к расчетной температуре, Ом.

$$N_{эл} = \frac{3 \cdot 313,29^2 \cdot 0,13}{1000} = 38,2 \text{ кВт}.$$

Потери возбуждения $N_{возб}$, кВт, вычисляются по формуле:

$$N_{возб} = I_e^2 \cdot r_{расч} \cdot 10^{-3}, \quad (4.70)$$

где $r_{расч}$ – расчетное сопротивление ротора электродвигателя, Ом.

$$N_{возб} = 313,29 \cdot 0,13 \cdot 10^{-3}$$

Мощность, передаваемая синхронным электродвигателем на валу насоса, кВт, вычисляется по формуле:

$$N_{эд2} = N_{ГМ} = N_{МП} = N_1 - (N_{возб} + N_{щ} + N_{эл} + N_{хх} - N_{эл.хх}), \quad (4.71)$$

где $N_{ГМ}$ – мощность на первичном валу гидромфты, кВт;

$N_{МП}$ – мощность на первичном валу механической передачи, кВт;

$N_{щ}$ – электрические потери в щетках, кВт;

$N_{эл}$ – электрические потери, кВт;

$N_{хх}$ – потери холостого хода, кВт;

$N_{эл.хх}$ – электрические потери в обмотках статора на холостом ходу, кВт.

$$N_{эд2} = 3036 - (12,7 + 48 + 38,2) = 2915,4 \text{ кВт}.$$

К.П.Д. синхронного электродвигателя η_1 , % вычисляется по формуле:

$$\eta_1 = \frac{100 \cdot N_{эд2}}{N_1 + N_{возб}}, \quad (4.72)$$

где N_1 – активная электрическая мощность, потребляемая синхронным электродвигателем, кВт;

$N_{эд2}$ – мощность, передаваемая от синхронного электродвигателя к насосу (механической передаче, гидромфте), кВт;

$N_{возб}$ – мощность, затрачиваемая на возбуждение обмоток электродвигателя, кВт.

$$\eta_1 = \frac{100 \cdot 2915,4}{3036 + 12,7} = 95,67 \text{ \%}.$$

Мощность, передаваемая электродвигателем, кВт, вычисляется по формуле:

$$N_2 = N_1 \cdot \frac{\eta_1}{100} \cdot \frac{\eta_{ПЧ}}{100} \cdot \frac{\eta_{МП}}{100} \cdot \frac{\eta_{ГМ}}{100}, \quad (4.73)$$

где N_1 – потребляемая электродвигателем активная мощность, кВт;

η_1 – К.П.Д. электродвигателя, %;

$\eta_{ПЧ}$ – К.П.Д. преобразователя частоты, %;

$\eta_{МП}$ – К.П.Д. механической передачи (мультипликатора), %;

$\eta_{ГМ}$ – К.П.Д. гидромуфты, %.

$$N_2 = 3036 \cdot \frac{95,67}{100} \cdot \frac{100}{100} \cdot \frac{100}{100} \cdot \frac{100}{100}$$

К.П.Д. насоса, вычисляется по формуле:

$$\eta_2 = \frac{2278,5}{2904,5} \cdot 100 = 78,4 \text{ \%}.$$

К.П.Д. НА , вычисляется по формуле:

$$\eta_{агр} = \eta_1 \cdot \frac{\eta_2}{100} \cdot \frac{\eta_{ПЧ}}{100} \cdot \frac{\eta_{МП}}{100} \cdot \frac{\eta_{ГМ}}{100}, \quad (4.74)$$

где η_1 – К.П.Д. электродвигателя, %;

η_2 – К.П.Д. насоса, %;

$\eta_{ПЧ}$ – К.П.Д. преобразователя частоты, %;

$\eta_{МП}$ – К.П.Д. механической передачи (мультипликатора), %;

$\eta_{ГМ}$ – К.П.Д. гидромуфты, %.

$$\eta_{аср} = 95,67 \cdot \frac{72,4}{100} \cdot \frac{100}{100} \cdot \frac{100}{100} \cdot \frac{100}{100} = 75,05 \text{ \%}.$$

Результаты расчетов представлены в графической форме на рисунке 9.

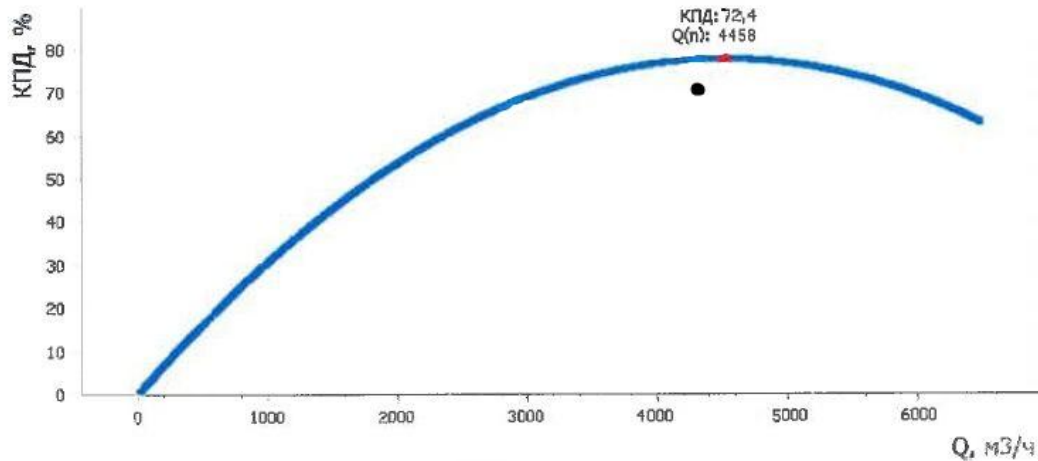


Рисунок 9 – График К.П.Д. МН 10000-210 №1

Вывод: Фактический К.П.Д. насоса составляет 72,4 %, а паспортное значение К.П.Д. равно 79 %. Снижение К.П.Д. выше допустимого предела. Насос нуждается в ремонте и ТО

4.3.2 МН 10000-210 №2

Полезная мощность насоса $N_{п}$, кВт, вычисляется по формуле:

$$N_{п} = \rho \cdot g \cdot \left(\frac{Q}{3600} \right) \cdot H, \quad (4.75)$$

$$N_{п} = 855 \cdot 9,8 \cdot \left(\frac{4952}{3600} \right) \cdot 203,2 = 2342,0 \text{ кВт}.$$

Электрические потери в щетках $N_{щ}$, кВт, вычисляются по формуле:

$$N_{\text{ц}} = \Delta U \cdot I_{\text{с}} \quad (4.76)$$

$$N_{\text{ц}} = 160 \cdot 0,3 = 48 \text{ кВт.}$$

Электрические потери электродвигателя $N_{\text{эл}}$, кВт, вычисляются по формуле:

$$N_{\text{эл}} = \frac{m_1 \cdot I_1^2 \cdot R_t}{1000}, \quad (4.77)$$

$$N_{\text{эл}} = \frac{3 \cdot 306,17^2 \cdot 0,13}{1000} = 36,5 \text{ кВт.}$$

Потери возбуждения $N_{\text{возб}}$, кВт, вычисляются по формуле:

$$N_{\text{возб}} = I_{\text{с}}^2 \cdot r_{\text{расч}} \cdot 10^{-3}, \quad (4.78)$$

$$N_{\text{возб}} = 306,17^2 \cdot 0,13 \cdot 10^{-3} = 12,1 \text{ кВт.}$$

Мощность, передаваемая синхронным электродвигателем на валу насоса, кВт, вычисляется по формуле:

$$N_{\text{эд2}} = N_{\text{ГМ}} = N_{\text{МП}} = N_1 - (N_{\text{возб}} + N_{\text{ц}} + N_{\text{эл}} + N_{\text{хх}} - N_{\text{эл.хх}}), \quad (4.79)$$

$$N_{\text{эд2}} = 3039 - (12,1 + 48 + 36,5) = 2942,4 \text{ кВт.}$$

К.П.Д. синхронного электродвигателя η_1 , % вычисляется по формуле:

$$\eta_1 = \frac{100 \cdot N_{эд2}}{N_1 + N_{возб}},$$

$$\eta_1 = \frac{100 \cdot 2942,4}{3039 + 12,1} = 96,4 \text{ \%}.$$

Мощность, передаваемая электродвигателем, кВт, вычисляется по формуле:

$$N_2 = N_1 \cdot \frac{\eta_1}{100} \cdot \frac{\eta_{пч}}{100} \cdot \frac{\eta_{мп}}{100} \cdot \frac{\eta_{гм}}{100}, \quad (4.78)$$

$$N_2 = 3039 \cdot \frac{96,4}{100} \cdot \frac{100}{100} \cdot \frac{100}{100} \cdot \frac{100}{100} = 2929,6 \text{ кВт}.$$

К.П.Д. насоса, вычисляется по формуле:

$$\eta_2 = \frac{N_{п}}{N_2} \cdot 100 \quad (4.79)$$

$$\eta_2 = \frac{2342,0}{2929,6} \cdot 100 = 80,0 \text{ \%}.$$

К.П.Д. НА, вычисляется по формуле:

$$\eta_{азр} = \eta_1 \cdot \frac{\eta_2}{100} \cdot \frac{\eta_{пч}}{100} \cdot \frac{\eta_{мп}}{100} \cdot \frac{\eta_{гм}}{100}, \quad (4.80)$$

$$\eta_{азр} = 96,4 \cdot \frac{80}{100} \cdot \frac{100}{100} \cdot \frac{100}{100} \cdot \frac{100}{100} = 77,12 \text{ \%}.$$

Результаты расчетов представлены в графической форме на рисунке 10.

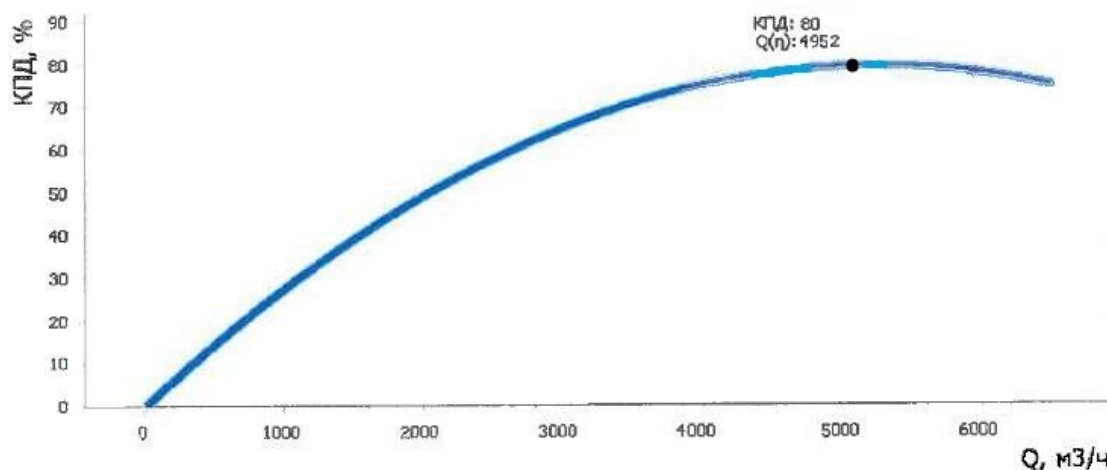


Рисунок 10 – График К.П.Д. МН 10000-210 №2

Вывод: Фактический К.П.Д. насоса составляет 80 %, а паспортное значение К.П.Д. равно 82 %. Снижение К.П.Д. в пределах допустимого. Насос не нуждается в ремонте и ТО

4.3.1 МН 10000-210 №3

Полезная мощность насоса N_{II} , кВт, вычисляется по формуле:

$$N_{II} = \rho \cdot g \cdot \left(\frac{Q}{3600} \right) \cdot H, \quad (4.81)$$

$$N_{II} = 856,2 \cdot 9,8 \cdot \left(\frac{4565}{3600} \right) \cdot 265,2 = 2821,7 \text{ кВт}$$

Электрические потери в щетках $N_{щ}$, кВт, вычисляются по формуле:

$$N_{щ} = \Delta U \cdot I_{\phi} \quad (4.82)$$

$$N_{\text{из}} = 160 \cdot 0,3 = 48 \text{ кВт}.$$

Электрические потери электродвигателя $N_{\text{эл}}$, кВт, вычисляются по формуле:

$$N_{\text{эл}} = \frac{m_1 \cdot I_1^2 \cdot R_t}{1000}, \quad (4.83)$$

$$N_{\text{эл}} = \frac{3 \cdot 372,25^2 \cdot 0,13}{1000} = 54,0 \text{ кВт}.$$

Потери возбуждения $N_{\text{возб}}$, кВт, вычисляются по формуле:

$$N_{\text{возб}} = I_e^2 \cdot r_{\text{расч}} \cdot 10^{-3}, \quad (4.84)$$

$$N_{\text{возб}} = 372,25^2 \cdot 0,13 \cdot 10^{-3} = 18,0 \text{ кВт}.$$

Мощность, передаваемая синхронным электродвигателем на валу насоса, кВт, вычисляется по формуле:

$$N_{\text{эд2}} = N_{\text{ГМ}} = N_{\text{МП}} = N_1 - (N_{\text{возб}} + N_{\text{из}} + N_{\text{эл}} + N_{\text{хх}} - N_{\text{эл.хх}}), \quad (4.85)$$

$$N_{\text{эд2}} = 3039 - (18,0 + 48 + 54,0) = 3629,0 \text{ кВт}.$$

К.П.Д. синхронного электродвигателя η_1 , % вычисляется по формуле:

$$\eta_1 = \frac{100 \cdot N_{\text{эд2}}}{N_1 + N_{\text{возб}}},$$

$$\eta_1 = \frac{100 \cdot 3629,0}{3749 + 18,0} = 96,3 \text{ \%}.$$

Мощность, передаваемая электродвигателем, кВт, вычисляется по формуле

$$N_2 = N_1 \cdot \frac{\eta_1}{100} \cdot \frac{\eta_{ПЧ}}{100} \cdot \frac{\eta_{МП}}{100} \cdot \frac{\eta_{ГМ}}{100}, \quad (4.87)$$

$$N_2 = 3749 \cdot \frac{96,3}{100} \cdot \frac{100}{100} \cdot \frac{100}{100} \cdot \frac{100}{100} = 3610,2 \text{ кВт}.$$

К.П.Д. насоса, вычисляется по формуле:

$$\eta_2 = \frac{N_{II}}{N_2} \cdot 100 \quad (4.88)$$

$$\eta_2 = \frac{2821,7}{3610,2} \cdot 100 = 78,1 \text{ \%}.$$

К.П.Д. НА , вычисляется по формуле:

$$\eta_{аэp} = \eta_1 \cdot \frac{\eta_2}{100} \cdot \frac{\eta_{ПЧ}}{100} \cdot \frac{\eta_{МП}}{100} \cdot \frac{\eta_{ГМ}}{100}, \quad (4.89)$$

$$\eta_{аэp} = 96,3 \cdot \frac{78,1}{100} \cdot \frac{100}{100} \cdot \frac{100}{100} \cdot \frac{100}{100} = 75,2 \text{ \%}.$$

Результаты расчетов представлены в графической форме на рисунке 11.

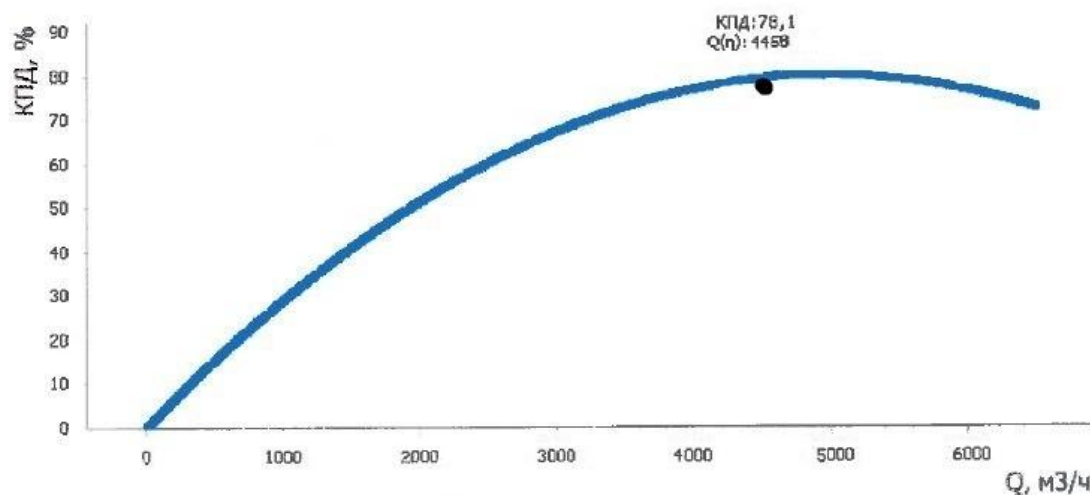


Рисунок 11 – График К.П.Д. МН 10000-210 №3

Вывод: Фактический К.П.Д. насоса составляет 78,1 %, а паспортное значение К.П.Д. равно 81 %. Снижение К.П.Д. в допустимых пределах. Насос не нуждается в ремонте и ТО

5 Возможные причины снижения К.П.Д. и способы их устранения

Магистральные центробежные насосы - мощные энергоемкие машины, поэтому эффективная их эксплуатация является важнейшей задачей современного трубопроводного транспорта. Для решения этой задачи необходимо обеспечивать высокую надежность рассматриваемых машин и повышение коэффициента полезного действия, что позволяет достигнуть существенного снижения расходов на их ремонт и эксплуатацию.

Основными причинами снижения значения К.П.Д. и показателей надежности являются:

- нарушения технологических режимов перекачки;
- эксплуатация насосов с высокими динамическими нагрузками вследствие возникновения значительных вибраций, обусловленных недостаточным качеством ремонтно-восстановительных работ.

5.1 Факторы вызывающие снижение К.П.Д.

Основными факторами снижающими К.П.Д. являются:

- обрыв щеки задвижки на входном трубопроводе
- неправильное направление вращения ротора;
- рабочее колесо установлено в направлении, обратном вращению ротора;
- недостаточный кавитационный запас;
- большой зазор в уплотнениях рабочего колеса, износ уплотнений, повреждено рабочее колесо или кольца;
- подсос воздуха во входном трубопроводе;
- засорены входной трубопровод или проточная часть насоса;
- образовались воздушные мешки во входном трубопроводе;
- износ пары трения;
- потеря эластичности резиновых колец;
- ослабленное крепление стыков;

- течи по разъему корпуса;
- нарушена центровка агрегата.

5.2 Способы устранения

- ремонт задвижки
- изменить направление вращения ротора;
- переустановить рабочее колесо, ротор отбалансировать заново;
- заменить или отремонтировать поврежденные детали, выдержав зазоры;
- проверить герметичность трубопровода;
- очистка проточной части или входного трубопровода;
- удаление воздуха из трубопровода;
- установка новых резиновых колец;
- затягивание гаек на стыках;
- замена прокладок по разъему;
- отцентровать агрегат.

6 Экономическая часть

В экономической части дипломной работы будут рассчитаны убытки компании при эксплуатации насосных агрегатов с пониженным К.П.Д. и затраты на проведение замеров текущих характеристик насосных агрегатов.

6.1 Потери при перекачке

Перечень всех насосов и их к.п.д, рассчитанных в дипломной работе, представлен в таблице 4.

Таблица 4 – Перечень насосов и их характеристики

Насос	Год ввода в эксплуатацию	Паспортное значение К.П.Д.	Фактическое значение К.П.Д.	Разность между фактическим и паспортным значениями
НМ 2500-230	1993	86,0	85,53	0,47
НМ 2500-230	1993	86,0	85,48	0,52
НМ 2500-230	1993	86,0	85,55	0,45
НМ 2500-230	1993	86,0	85,57	0,43
НМ 7000-210	2006	88,5	88,67	-0,17
НМ 7000-210	2006	88,5	87,88	0,62
НМ 7000-210	2006	88,5	88,46	0,04
НМ 7000-210	2006	88,5	88,13	0,37
НМ 10000-210	1984	82,0	80,0	2
НМ 10000-210	1984	79,0	72,4	6,6
НМ 10000-210	1984	81,0	78,1	2,9

Произведем расчет потерь на примере магистрального насоса НМ 2500-230. С фактическим значением К.П.Д. равным 85,53. Паспортное значение К.П.Д. этого же насоса равняется 86. Фактическая подача Q равна $2452 \text{ м}^3/\text{ч}$;

Паспортная полезная мощность насоса $N_{\text{п}}$, кВт, вычисляется исходя из формулы расчета К.П.Д.:

$$N_{\text{п}} = \frac{\eta_2 \cdot N_{\text{эд2}}}{100} = \frac{86 \cdot 1632,14}{100} = 1403,64 \text{ кВт.}$$

Подача же выводится как выражение:

$$Q = 3600 \cdot \frac{N_{\text{п}}}{\rho \cdot g \cdot H} = 3600 \cdot \frac{1403,64}{858 \cdot 9,81 \cdot 243,51} = 2465,3 \text{ м}^3/\text{ч}.$$

Отсюда потери количества транспортируемой нефти в час:

$$2465,3-2452=13,3 \text{ м}^3/\text{ч};$$

Т.к. насосные агрегаты работают в течении года, пересчитаем потери в год. Нарботка в год насоса НМ 2500-230 в среднем равна 4650 часам. Следовательно, $61845 \text{ м}^3/\text{в}$ год теряется на одном агрегате.

На 23.05.2017 цена на один баррель нефти составляла 54,18 долларов США. По курсу на тот период один доллар стоил 56,4 рубля. Получаем, что один баррель нефти на 23.05.2017 стоил 3055.7 рублей.

Переведем баррели в кубометры. Один баррель составляет 0,158 кубического метра. Следовательно, в одном кубометре находится 6,28 бареллей.

Получим потери в переводе на баррели:

$$61845 \cdot 6,28 = 388386,6 \text{ баррель/год.}$$

Переводим в денежный эквивалент:

$$388386,6 \cdot 3055,7 = 118679110 \text{ рублей/год.}$$

В результате проведенного расчета выяснилось, что при падении К.П.Д. НМ 2500-230 на 0,47, убытки компании составляют 118679110 рублей в год

6.2 Расчет эксплуатационных затрат на проведение исследования

6.2.1 Определение затраченного времени на проведение замеров

Перечень операций, необходимых для выполнения одного замера представлен в таблице 5.

Таблица 5 – Перечень операций для выполнения замера на одной станции

Наименование операции	Длительность операций, час
Осмотр насосного агрегата на наличие видимых неисправностей	0,25
Время работы агрегата	1
Наблюдение за результатами работы	0,25
Запись результатов в журнал	0,16
Всего затраты времени на один эксперимент	1,66

Подобные эксперименты с такой же длительностью были проведены на трех нефтеперекачивающих станциях – 3;

Для трех станций общее время экспериментов и получения результатов составило: 5 часов.

6.3 Определение затрат на проведение и обработку результатов

Проведение замера текущих характеристик и параметров насосного агрегата составляет 1 час и 40 минут.

Замер проводит механик, который работает по пятидневной рабочей неделе, у него 8-и часовой рабочий день. Число рабочих дней в месяце примем равным 22.

Годовая трудоемкость человеко-часов, T , определим по формуле:

$$T = n \cdot t \cdot 12, \quad (6.5)$$

где n – количество рабочих дней в месяц, шт;

t – продолжительность рабочего дня, час;

12 – количество месяцев.

Рассчитываем годовую трудоемкость по формуле:

$$T = 22 \cdot 8 \cdot 12 = 2112.$$

Необходимую численность механиков, N , определим по формуле (6.6):

$$N = T / 1971, \quad (6.6)$$

где T – годовая трудоемкость, человеко-час;

1971 – действительный годовой фонд времени одного рабочего при 40 часовой рабочей недели на 2017 год.

Рассчитаем необходимую численность механиков по формуле (6.6):

$$N = 2112 / 1973 = 1,07 \approx 1$$

Следовательно, для выполнения замеров в насосном зале и диспетчерской необходим один механик.

6.4 Расчет фонда оплаты труда механика

Фонд оплаты труда, ΦOT , определяем по формуле (6.7):

$$\Phi OT = Z_{осн} + Z_{доп}. \quad (6.7)$$

Основная заработная плата включает в себя тарифную составляющую, премии, районный и северный коэффициенты.

Тарифная составляющая основной среднемесячной заработной платы, $Z_{осн}$, определяется по формуле (6.8):

$$З_{осн} = ЗП + ЗП_{рк} + ЗП_{сн}, \quad (6.8)$$

где $ЗП$ – месячная заработная плата, $ЗП = 30000$, рубли;

$ЗП_{рк}$ – районный коэффициент (20 % от $ЗП$);

$ЗП_{сн}$ – северная надбавка (30 % от $ЗП$).

Приведем значения районного коэффициента и северной надбавки в формулах (6.9), (6.10):

$$ЗП_{рк} = ЗП \cdot 0,2, \quad (6.9)$$

$$ЗП_{сн} = ЗП \cdot 0,3 \quad (6.10)$$

где $ЗП$ – Заработная плата механика;

0,2 – районный коэффициент;

0,3 – северная надбавка.

Рассчитаем значение формул:

$$ЗП_{рк} = 30000 \cdot 0,2 = 6000 \text{ рублей}, \quad (6.11)$$

$$ЗП_{сн} = 30000 \cdot 0,3 = 9000 \text{ рублей}. \quad (6.12)$$

Рассчитаем значение формулы:

$$З_{осн} = 30000 + 6000 + 9000 = 45000 \text{ рублей}.$$

Часовая заработная плата, S_T (тарифная ставка), рассчитывается по формуле (6.11):

$$S_T = \frac{Z_{\text{осн}}}{K \cdot t}, \quad (6.13)$$

где K – среднее количество рабочих дней в месяце, $K = 22$;

t – продолжительность рабочего дня, $t = 8$ часов.

Рассчитаем часовую тарифную ставку по формуле (11):

$$S_T = \frac{45000}{22 \cdot 8} = 255,68 \text{руб/час}.$$

Определим тарифную составляющую, $Z_{T.C}$, по формуле (6.12):

$$Z_{T.C} = T \cdot S_T, \quad (6.14)$$

где T – трудоемкость работ,

S_T – часовая заработная плата, руб/час.

Трудоемкость складывается из затрат времени на проведение эксперимента и обработку его результатов. Трудоемкость работ приведена в таблице 6.

Таблица 6 – Трудоемкость по видам работ

Вид работ	Время на весь объем, час
Проведение эксперимента	1.25
Запись результатов исследования	0,25
Итого:	1.5

Следовательно, дневная заработная плата, рассчитанная по формуле (6.12), составляет:

$$З_{т.с} = 1.5 \cdot 255,68 = 383,52 \text{ рубля.}$$

Премияльные, $З_{пр}$ составляют 40 % от тарифной ставки и определяются по формуле (6.13):

$$З_{пр} = 383,52 \cdot 0,4 = 153,4 \text{ рубля.}$$

Таким образом, основная заработная плата, $З_{осн}$, составляет:

$$З_{осн} = 383,52 + 153,4 = 536,92 \text{ рубля}$$

Дополнительная заработная плата, $З_{доп}$, составляет 11 % от основной заработной платы и определяется по формуле (6.14):

$$З_{доп} = З_{осн} \cdot 0,11, \tag{6.15}$$

где $З_{осн}$ – основная заработная плата, рубли;

0,11 – часть дополнительной заработной платы.

$$З_{доп} = 536,92 \cdot 0,11 = 59,06 \text{ рублей.}$$

Тогда фонд оплаты труда, $\Phi ОТ$, составляет:

$$\Phi ОТ = 59,06 + 536,92 = 595,98 \text{ рублей.}$$

6.4.1 Рассчитаем отчисление на обязательное социальное страхование

Отчисления на обязательное социальное страхование от несчастных случаев на производстве и профессиональные заболевания (для второго класса профессионального риска) составляет 30% от ΦOT :

- 22 % – в пенсионный фонд;
- 2,9% – в фонд социального страхования;
- 5,1% – в фонд обязательного медицинского страхования.

Рассчитаем отчисления на обязательное социальное страхование по формуле (6.15):

$$З_{отч} = \Phi OT \cdot 0,3,$$

где ΦOT – фонд оплаты труда, рубли;

0,3 – отчисления на обязательное социальное страхование.

Подставляем значения в формулу (6.15):

$$З_{отч} = 595,98 \cdot 0,3 = 178,79 \text{ рублей.}$$

6.4.2 Расчет накладных расходов

Накладные расходы, $З_{ис}$, примем 60 % от ΦOT , тогда расходы на исследование определим по формуле (6.16):

$$З_{ис} = \Phi OT \cdot 0,6 + З_{осн}, \tag{6.16}$$

где ΦOT – фонд оплаты труда, рубли;

$З_{осн}$ – основная заработная плата;

0,6 – часть накладных расходов.

Вычислим значение накладных расходов по формуле (6.16):

$$З_{uc} = 595,98 \cdot 0,6 + 536,92 = 894,5 \text{ рублей.}$$

6.4.3 Рассчитаем затраты на электроэнергию и водоснабжение

Также на проведение экспериментов расходовалась электроэнергия, затраты на пользование которой рассчитаны далее.

Рассчитаем затраты на электроэнергию, $Q_{эл.эн}$, по формуле (6.17):

$$Q_{эл.эн} = T_{ар} \cdot W_{потреб}, \quad (6.17)$$

где $T_{ар}$ – стоимость 1кВт/ч на 2017 год, $T_{ар} = 3,85 \text{ руб/кВт} \cdot \text{ч}$ [1];

$W_{потреб}$ – потребляемая мощность, 260 кВт · ч.

Произведем расчет по формуле (6.17):

$$Q_{эл.эн} = 3,85 \cdot 260 = 1001 \text{ рублей.}$$

Найдем затраты на водоснабжение, $Q_{вод.г}$:

$$Q_{вод.г} = T_{ар} \cdot V_{потреб}, \quad (6.18)$$

где $Q_{вод.г}$ – затраты на горячую воду, рубли;

$T_{ар}$ – стоимость на 2017 год $1\text{м}^3 = 71,54\text{руб/м}^3$ [2];

Рассчитаем затраты на водоснабжение по формуле (6.18):

$$Q_{вод.г} = 71,54 \cdot 0,03 = 2,15 \text{ рублей.}$$

Затраты на обеспечение диспетчерской холодной водой, $Q_{вод.х}$:

$$Q_{вод.х} = T_{ар} \cdot V_{потреб}, \quad (6.19)$$

где $Q_{вод.х}$ – затраты на холодную воду, рубли;

$T_{ар}$ – стоимость на 2017 год $1\text{м}^3 = 12,32\text{руб/м}^3$;[2]

Рассчитаем затраты на холодную воду по формуле (6.19):

$$Q_{вод.г} = 12,32 \cdot 0,2 = 2,46 \text{ рублей.}$$

Исходя из расчета составим таблицу по общим затратам на проведение одного эксперимента. Данные сведем в таблицу 7.

Таблица 7 – Общие затраты на проведение эксперимента

Наименование	Стоимость, руб.
Заработная плата механика за проведение замеров	595,98
Накладные расходы	894,5
Стоимость потребляемой электроэнергии в ходе замеров	1001
Стоимость потребляемой воды в ходе эксперимента	4,61
Итого:	2495,79

Таким образом, стоимость затрат на проведение замеров на одной станции составляет 2495,79 руб.

7 Безопасность жизнедеятельности

7.1 Санитарно-гигиенические требования к помещению и размещению используемого оборудования

Таблица 8 – Фактическое состояние условий труда на рабочем месте

	Код фактора	Наименование производственного фактора, единица измерения	ПДК, ПДУ, допустимый уровень	Дата проведенного измерения	Фактический уровень	Величина отклонения	Класс условий труда	Продолжительность воздействия
1	5.00	Тяжесть		15.03.17			1	
2	5.00	Напряженность		15.03.17				1
3	4.50	Шум, дБА	8	15.03.17	87	-	3.2	1
4	4.62	Температура, С°	2	15.03.17	22.4		2	1
5	4.64	Влажность, %	3	15.03.17	43	-	2	1
6	4.63	Скорость	0.	15.03.17	0,1	-	2	1
7	4.68	Освещенность, лк	4	15.03.17	160	2	2	0.5
8	4.67	КЕО, %	0.	15.03.17	1,3	-	2	0,5
9	4.66	ТНС, С	2	15.03.17	17,8	-	2	0.8
10	4.65	Тепловое	1	15.03.17	1272	-	3.1	0.8
11	2.00	Вредные химические	2	5.03.17		7	2	

7.2 Обеспечение безопасности технологического процесса

7.2.1 Искусственное освещение

Правильно выполненное освещение цеха по техническому обслуживанию, эксплуатации и ремонту трубопроводов способствует

повышению эффективности и безопасности слесарных работ, снижает травматизм и утомляемость, сохраняет высокую работоспособность.

Для того чтобы не допустить повышения уровня травматизма, рассеянности, низкой продуктивности работы и несоответствием освещения рабочих мест, необходимо рассчитать систему освещения в помещении насосного зала.

7.2.2 Расчет искусственного освещения

Расчет системы освещения цеха должен соответствовать санитарным нормам и должен быть выполнен в соответствии с СанПиН 2.4.2.2821–10 «Санитарно-эпидемиологические требования к условиям и организации обучения в общеобразовательных учреждениях».

Искусственное освещение подразделяют на комбинированное, местное и общее.

При расчете искусственного освещения в производственных помещениях применяются разные методы. Наиболее распространенным и простым являются метод светового потока.

Согласно СанПиН 2.4.2.2821–10 уровень освещения должен соответствовать нормам: 300–500 лк. Для расчета берём средний уровень освещения $E_n = 400$ лк.

В помещении цеха установлено 3 светильника типа НСП. Диаметр 0,5 м, высота 0,35 м. Тип ламп ДРЛ 250, мощностью 250 Вт. Количество ламп- 1 штука.

Световой поток, Φ который должна излучать каждая электрическая или газоразрядная лампа (при заданном количестве ламп), рассматривают по формуле (7.1)

$$\Phi = \frac{E_n \cdot S \cdot K_z \cdot Z}{N \cdot \eta} \quad (7.1)$$

где E_n – нормируемая минимальная освещённость, лк;
 S – площадь освещаемого помещения, m^2 ;
 K_3 – коэффициент запаса, учитывающий загрязнение светильника (по
 СНИП 23–05–95 «Естественное и искусственное освещение» $K_3 = 1,4$);
 Z – коэффициент минимальной освещённости ($Z = 1,1$);
 N – число ламп в помещении;
 η – коэффициент использования светового потока.

Световой поток Φ выбранной лампы (ДРЛ 250) равен (13500 лм).

Отсюда количество ламп в помещении равно:

$$N = \frac{E_n \cdot S \cdot K_3 \cdot Z}{\Phi \cdot \eta} \quad (7.2)$$

Количество ламп (E40) в помещении цеха равно 1.

Коэффициент использования светового потока η выбирают по
 следующим данным:

- коэффициент отражения побеленного потолка $\rho_n = 70 \%$;
- коэффициент отражения от стен, окрашенных в светлую краску $\rho_c = 50\%$;
- коэффициент отражения от пола, покрытого линолеумом темного цвета $\rho_p = 10\%$;

индекс помещения находим по формуле:

$$I = \frac{S}{h(a + e)} = \frac{400}{4 \cdot 40} = 2,5 \quad (7.3)$$

где: S – площадь помещения (m^2);

h – высота подвеса светильника (м);

a – длина помещения (м);

b – ширина помещения (м).

Коэффициенты отражения ограждающих поверхностей определяются согласно СНИП II-Л.4-62.

Высоту подвеса светильника рассчитываем по формуле:

$$h_n = H - (h_{кр} + h_p) = 5 - 1 = 4 \text{ м.} \quad (7.4)$$

где: H – высота помещения, м;

$h_{кр}$ – расстояние от потолка до нижней кромки светильника, м;

h_p – высота рабочей поверхности от пола, м.

Определяем количество ламп в помещении:

$$N = \frac{E \cdot S \cdot K \cdot Z}{\Phi \cdot \eta} = \frac{400 \cdot 400 \cdot 1,4 \cdot 1,1}{13500 \cdot 0,62} = 2,94 \quad (7.5)$$

Исходя из расчетов, делаем вывод, количество ламп установленных в помещении цеха, удовлетворяет расчетным данным. Следовательно, данное помещение соответствует установленным требованиям искусственного освещения.

7.3 Мероприятия по обеспечению пожарной безопасности технологических процессов при эксплуатации оборудования и производстве пожароопасных работ

- При работе следует постоянно следить за герметичностью насосов и трубопроводов, смазкой трущихся частей, а также температурой подшипников

и сальников насосов. Течь в сальниках насосов и соединениях трубопроводов следует немедленно устранить. Разливы нефтепродуктов и ГСМ должны немедленно убираться.

- Эксплуатация оборудования магистральной насосной с неработоспособной, неисправной или отключенной системой автоматики и телемеханики запрещается.

- Пуск магистральных и подпорных насосных агрегатов при обнаружении неисправностей вспомогательных систем запрещается.

- Электрооборудование и электроустановки, находящиеся во взрывопожароопасных помещениях магистральной насосной, запрещается эксплуатировать при нарушении взрывозащиты.

- Работы в помещении магистральной насосной необходимо выполнять инструментом, исключающим искрообразование. При этом запрещается в качестве искробезопасного инструмента применять обычный инструмент, покрытый консистентной смазкой.

- При заполнении насосов нефтепродуктами газовоздушная смесь должна отводиться в систему сбора утечек по закрытой системе трубопроводов.

- Продувочные краны насосов должны быть оборудованы трубками, а сами насосы - дренажными устройствами для сброса нефтепродуктов в систему сбора утечек.

- Устройства, предотвращающие растекание ЛВЖ и ГЖ, выполненные в виде бортиков, пандусов, лотков, необходимо содержать в исправности и чистоте.

- Магистральная насосная должна иметь автоматическую систему контроля загазованности, сблокированную с автоматическим отключением насосной, и автоматическую защиту от затопления нефтепродуктами с контролем уровня в приемке и автоматическим отключением насосной при его переполнении.

- В качестве переносного освещения должны применяться аккумуляторные фонари во взрывозащищенном исполнении, включать и выключать которые необходимо вне помещения насосной станции.

- Помещение магистральной насосной должно быть оборудовано системой производственной канализации.

- Аварийная вентиляция магистральной насосной должна включаться в работу автоматически от датчиков газоанализатора.

7.5 Обеспечение безопасности в аварийных и чрезвычайных ситуациях

Для исключения аварийных ситуаций на МН используют различные средства и новые технологии.

Для гашения колебаний давления, вибрации и гидроударов применяют стабилизаторы давления. Для проверки состояния трубопроводов, их элементов и деталей, назначают периодические ревизии, проводят гидравлические испытания на прочность давлением воды. Специальные лаборатории дефектоскопии и анализа металлов проводят ультразвуковой контроль толщины стенки труб и деталей трубопровода, контроль состояния сварных швов (визуальный, магнитографический, радиографический метод), рентгеноконтроль, капиллярный контроль [3].

В результате возможных чрезвычайных ситуаций на МН могут возникнуть следующие поражающие факторы:

- механическое воздействие вследствие разлета осколков, зона действия поражающего фактора 30 м;

- термическое воздействие при пожаре прилива, зона действия 140 м;

- воздействие ударной волны при взрыве, зона действия 5 м .

Для защиты персонала на случай ЧС все работники обеспечиваются индивидуальными и медицинскими средствами защиты.[6].

7.6 Экологичность проекта

На объектах магистральных нефтепроводов необходимо предусматривать мероприятия по охране атмосферного воздуха от загрязнения:

- оборудование резервуаров понтонами, плавающими крышами и установками по улавливанию паров легких фракций (УЛФ);
- уменьшение количества разъемных соединений, применение сварных соединений в технологических трубопроводах, 100 % контроль сварных швов физическими методами;
- сбор утечек в закрытые дренажные емкости;
- обеспечение работы насосных станций по схеме «из насоса в насос»;
- применение в качестве топлива в котельных природного или попутного газа для снижения выбросов вредных веществ в атмосферу, использование рекуператоров и экономайзеров, обеспечение регулирования соотношения «воздух-топливо»;
- назначение высоты дымовых труб для обеспечения уровня приземных концентраций загрязняющих веществ, не превышающих ПДК для населенных мест, утвержденных Минздравом РФ [4].

Охрана водоемов от загрязнения сточными водами от НПС и других объектов нефтепровода должна осуществляться путем:

- использования новых видов оборудования без потребления воды;
- сокращения сброса сточных вод в водоемы и уменьшения концентрации вредных веществ в сбрасываемых стоках;
- утилизации уловленной нефти путем закачки ее в нефтепровод или в топливные резервуары;
- устройства обвалований из грунтов с содержанием глинистых частиц или устройства глиняных замков, других противодренирующих устройств, когда обвалование сооружается из дренирующих грунтов;
- вывоза выделенных при очистке воды твердых отходов с территории НПС в места, согласованные с органами Минприроды и Госсанэпиднадзора;
- уменьшения концентрации вредных веществ до предельно-допустимых путем применения совершенных средств очистки;

- водоотведения, выполненного в соответствии с нормативными требованиями к охране поверхностных и подземных вод от загрязнения;

- устройства проволочных ограждений по железобетонным столбам открытых емкостных сооружений (пруды-отстойники, биологические пруды, пруды-испарители, шламонакопители, аварийные амбары и др.) [4].

При проектировании МН необходимо предусмотреть мероприятия по восстановлению земельных участков, использованию плодородного слоя почвы, охране недр, растительного и животного мира:

- обоснование способов и объемов снятия и хранения плодородного слоя почвы, нанесение плодородного слоя почвы на восстанавливаемые участки;

- восстановление водосборных канав, дренажных систем, снегозадерживающих сооружений и дорог после окончания строительных или ремонтных работ;

- восстановление земельных участков и приведение их в состояние, пригодное для использования по назначению;

- проведение защитных мероприятий по исключению опасных экзогенных процессов (эрозия, карст, оползни, суффозия и др.);

- проведение мероприятий по защите животного мира [4].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате проделанной работы: определены реальные области эксплуатации магистральных центробежных насосных агрегатов; определены возможные причины вызывающие снижение к.п.д; представлены практические рекомендации и выводы по проделанной работе.

Расчеты проводились в соответствии с разработанной методикой. Результатом проведенных расчетов стали полученные данные основных показателей эффективности работы центробежных насосных агрегатов – коэффициент полезного действия насоса, коэффициент полезного действия электродвигателя и коэффициент полезного действия насосного агрегата.

В результате анализа полученных данных, были построены графические зависимости, наглядно демонстрирующие изменение К.П.Д. в зависимости от подачи.

В результате проделанной работы выявлено, что 10 насосных агрегатов эксплуатируются в приемлемых условиях, а у одного МНА имеется сниженный К.П.Д. насоса.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

- 1 Тарифы на электроэнергию [Электронный ресурс]: – Красноярск, [2017]. – Режим доступа: <http://energovopros.ru/spravochnik/elektrosnabzhenie/>
- 2 Тарифы на коммунальные услуги [Электронный ресурс]: – Красноярск, [2017]. – Режим доступа: <http://www.kraskom.com/abonent/tarifs/>.
- 3 ГОСТ 18353-79 Контроль неразрушающий [Электронный ресурс]: – [2017]. – Режим доступа: <http://vsegost.com/Catalog/14/14718.shtml>
- 4 ГОСТ 12.2.003 – 91 Общие требования безопасности и экологичности к техническим системам [Электронный ресурс]: – Красноярск, [2017]. – Режим доступа: http://www.labex.ru/page/g14_bgd_25.html
- 5 Работа центробежного насоса [электронный ресурс]: – Красноярск, [2017]. – Режим доступа: <https://www.isuct.ru/dept/chemkiber/piaht.inc>
- 6 ГОСТ 12.1.005-88 Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны. Система стандартов безопасности труда. – Введ. 01.01.1989. – Москва: Стандартинформ, 2006. – 50 с.
- 7 СНиП 23.05.95 Естественное и искусственное освещение. – Взамен СНиП II-4-79; введ. 01.01.1996. – Москва: Минстрой России, 1996. – 27 с.
- 8 Классы пожаров [Электронный ресурс]: правила противопожарного режима в Российской Федерации от 25. 04. 2012 № 390 // Первая пожарная компания. – Режим доступа: <http://www.fire-service.ru>.